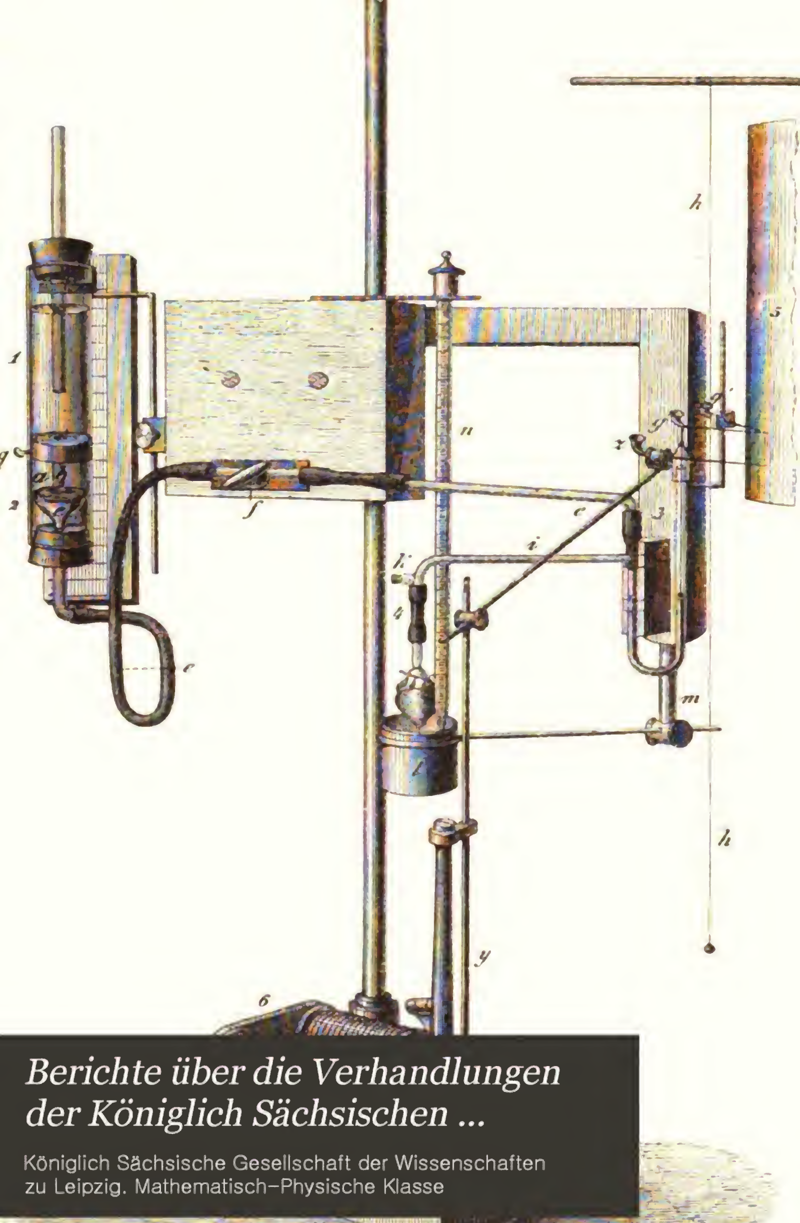


Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen ...

Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-Physische Klasse


SIGILLVM ACADEMIÆ HARVARDIANÆ IN NOV ANG
CHRISTO ET ECCLESIÆ

BERICHTE

ÜBER DIE

VERHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND.

1873.

MIT 18 TAFELN UND 71 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

INHALT.

Protector der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

SEINE MAJESTÄT DER KÖNIG.

Ehrenmitglieder.

Seine Excellenz der Minister des Königlichen Hauses, Freiherr *Johann Paul von Falkenstein.*

Seine Excellenz der Staatsminister des Cultus und öffentlichen Unterrichts, Herr *Carl Friedrich von Gerber.*

Ordentliche einheimische Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Geheimer Hofrath *Heinrich Leberecht Fleischer* in Leipzig, Secretär der philol.-histor. Classe.
– —— —— *Hermann Brockhaus* in Leipzig, stellvertretender Secretär der philol.-histor. Classe.
– —— —— *Eduard Albrecht* in Leipzig.
– Professor *Conrad Bursian* in Jena.
– —— *Georg Curtius* in Leipzig.
– —— *Adolf Ebert* in Leipzig.
Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Hans Conon von der Gabelentz* in Altenburg.
Herr Geheimer Hofrath und erster Universitäts-Oberbibliothekar *Ernst Gotthelf Gersdorf* in Leipzig.
– Domherr und Geheimer Hofrath *Gustav Hänel* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Hartenstein* in Jena.
- Professor und zweiter Universitäts - Oberbibliothekar *Christoph Ludolf Ehrenfried Krehl* in Leipzig.
- —— *Ludwig Lange* in Leipzig.
- Hofrath *Karl Nipperdey* in Jena.
- Professor *Johannes Adolph Overbeck* in Leipzig.
- Geheimer Regierungsrath *Friedrich Ritschl* in Leipzig.
- Geheimer Rath *Wilhelm Roscher* in Leipzig.
- Professor *Georg Voigt* in Leipzig.
- —— *Moritz Voigt* in Leipzig.

Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Karl Georg von Wächter* in Leipzig.
Herr Professor *Friedrich Zarncke* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Johann Gustav Droysen* in Berlin.
- —— *Hermann Alfred von Gutschmid* in Königsberg.
- —— *Moritz Haupt* in Berlin.
- Geheimer Justiz- und Oberappellationsgerichtsrath *Andreas Ludwig Jacob Michelsen* in Schleswig.
- Professor *Theodor Mommsen* in Berlin.
- Hofrath *Hermann Sauppe* in Göttingen.
- Professor *Gustav Seyffarth* in New-York.
- —— *Karl Bernhard Stark* in Heidelberg.

Ordentliche einheimische Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Geheimer Medicinalrath *Ernst Heinrich Weber* in Leipzig, Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Gottlieb Hankel* in Leipzig, stellvertretender Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Professor *Carl Bruhns* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Moritz Wilhelm Drobisch* in Leipzig.

Herr Professor *Gustav Theodor Fechner* in Leipzig.
– Geheimer Regierungsrath *Peter Andreas Hansen* in Gotha.
– Professor *Johann August Ludwig Wilhelm Knop* in Leipzig.
– Geheimer Hofrath *Hermann Kolbe* in Leipzig.
– Professor *Rudolph Leuckart* in Leipzig.
– Geheimer Hofrath *Carl Friedrich Wilhelm Ludwig* in Leipzig.
– Professor *Carl Neumann* in Leipzig.
– Oberbergrath *Ferdinand Reich* in Freiberg.
– Bergrath *Theodor Scheerer* in Freiberg.
– Professor *Wilhelm Scheibner* in Leipzig.
– Hofrath *August Schenk* in Leipzig.
– Geheimer Hofrath *Oskar Schlömilch* in Dresden.
– Hofrath *Gustav Wiedemann* in Leipzig.
– Professor *Johann Carl Friedrich Zöllner* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Professor *Heinrich d'Arrest* in Kopenhagen.
– —— *Heinrich Richard Baltzer* in Giessen.
– Hofrath *Otto Funke* in Freiburg.
– Geheimer Hofrath *Carl Gegenbauer* in Heidelberg.
– Professor *Wilhelm Hofmeister* in Tübingen.
– Hofrath *Mathias Jacob Schleiden* in Frankfurt a/M.
– Professor *Samuel Friedrich Nathanael Stein* in Prag.
– —— *Alfred Wilhelm Volkmann* in Halle.
– Geheimer Hofrath *Wilhelm Weber* in Göttingen.

Verzeichniss

der bei der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1873 eingegangenen Schriften.

Von gelehrten Gesellschaften, Universitäten und öffentlichen Behörden herausgegebene und periodische Schriften.

Codex diplomaticus Saxoniae Regiae. Im Auftrage der K. Sächs. Staatsregierung herausgeg. von E. G. Gersdorf und K. Fr. von Posern-Klett. Zweiter Haupttheil. Vierter Band. — Urkundenbuch der Stadt Meissen und ihrer Klöster. Herausgeg. von E. G. Gersdorf. IV. Band. Mit zwei Tafeln. Leipzig 1873.

Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania nebst physikalischen Beobachtungen an den Stationen der preussischen Ostseeküste. Mit einer Seekarte und einer Tafel Abbildungen. Bericht an das K. Preuss. Ministerium für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten von der Commission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Berlin 1873.

Abhandlungen d. Königl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Aus d. J. 1871. Berlin 1872. — Aus d. J. 1872. Berlin 1873.

Verzeichniss der Abhandlungen der K. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin von 1710—1870. Berlin 1871.

Monatsbericht d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1872. August, Sept., Oct., Nov., Dec. Berlin 1872. 1873. — 1873. Jan., Febr. No. 1. No. 2. März u. April. Mai No. 1. No. 2. Juni, Juli u. Aug., Sept. u. Oct. Berlin 1873.

Deformationen elastischer isotroper Körper durch äussere Kräfte, von C. W. Borchardt. Sonderabdruck aus Monatsbericht d. K. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1873.

Denkschriften d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Philos.-histor. Cl. Bd. 21. Wien 1872.

Denkschriften d. Kais. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Cl. Bd. 32. Wien 1872.

Sitzungsberichte d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Philos.-histor. Cl. Bd. 70. 1–3. Heft. Bd. 71. 1—4. Heft. Register VII. Bd. 72. 1–3. Heft. Bd. 73. 1—3. Heft. Wien 1872. 1873.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Cl. Abth. I. Bd. 65. 1—5. Heft. Bd. 66. 1—5. Heft. Bd. 67. 1—5. Heft. — Abth. II. Bd. 65. 1—5. Heft. Bd. 66. 1—5. Heft. Bd. 67. 1—3. Heft. — Abth. III. Bd. 65. 1—5. Heft. Bd. 66. 1—5. Heft. — Register VII. Wien 1872. 1873.

Anzeiger der Kaiserl. Akademie d. Wissenschaften. Math.-naturwissensch. Cl. Jahrg. IX. 1872. No. 24—29. Titel und pag. I—XVIII. Jahrg. X. 1873. No. 4—24. Wien 1872. 1873.

Almanach d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. 1872. Jahrg. XXII. 1873. Jahrg. XXIII. Wien 1872 1873.

Fontes rerum austriacarum. Zweite Abth. Diplomataria et Acta. 36. Bd. 37. Bd. Wien 1872.

Archiv für österreichische Geschichte. 48. Bd. 1. 2. Hälfte. — 49. Bd. 1. 2. Hälfte. — 50. Bd. 1. Hälfte. Wien 1872. 1873.

Abhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Bd. V. Heft 4. 5. Wien 1873.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1872. No. 14—18. — 1873. No. 1. 2. 7. Wien.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt. Jahrg. 1872. Bd. XXII. No. 4. (Oct.—Dec. 1872.) Jahrg. 1873. Bd. XXIII. No. 1. 2. Wien.

General-Register der Bände XI—XX. des Jahrbuches und der Jahrgänge 1860—1870 der Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Wien 1872.

Mittheilungen der k. k. geograph. Gesellschaft in Wien 1872. 15. Bd. (Der neuen Folge 5.) Wien 1873.

Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1872. Bd. XXII. Wien 1872.

Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom J. 1871—1872. 6. Folge. 5. Bd. Mit 14 Tafeln. Prag 1872.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. Jahrg. 1871. Jan.—Juni, Juli—Dec. — Jahrg. 1872. Jan.—Juni. Jahrg. 1873. Februar. (2 Exx.) März. April. Juni.

Sitzung der mathem.-naturwissensch. Classe der k. böhm. Ges. d. Wiss. am 15. Nov. 1872.

Mittheilungen des Vereins für Geschichte der Deutschen in Böhmen. IX. Jahrg. No. VII und VIII. X. Jahrg. No. I—VI. XI. Jahrg. No. 1—6. XII. Jahrg. No. I u. II. Prag 1871—1873.

Neunter Jahresbericht des Vereins für Gesch. d. Deutschen in Böhmen. Für das Vereinsjahr 1870-71. — Zehnter Jahresbericht u. s. w. Für d. Vereinsjahr 1871—72. — Eilfter Jahresbericht u. s. w. Für das Vereinsjahr 1872—73. Prag 1871—1873.

Mitglieder-Verzeichniss des Vereins für Gesch. d. Deutschen in Böhmen 1873.

Festschrift zur Erinnerung an die Feier des 10. Gründungstages im J. 1871. Herausgeg. vom Ausschusse des Vereins u. s. w. Prag 1871.

Beiträge zur Geschichte Böhmens. Herausgeg. vom Vereine f. Gesch. d. Deutschen in Böhmen. Abth. III. Geschichte der Stadt Leitmeritz. Bearbeitet von Jul. Lippert. Mit 2 Karten. Prag 1871.

Beiträge zur Geschichte von Arnau. Von C. Leeder. Aus den Mittheilungen des Vereins u. s. w. Prag 1872.

Aus der Vergangenheit Joachimsthals, von G. C. Laube. Herausgeg. vom Vereine u. s. w. Prag 1873.

Die Entstehungszeit des österreichischen Landesrechtes. Eine kritische Studie von Arnold Luschin. Veröffentlicht von der k. k. Universität zu Graz. Zur Jahresfeier am 15. Nov. 1872.

Mittheilungen des histor. Vereins für Steiermark. 20. Heft. Graz 1873.

Beiträge zur Kunde steiermärkischer Geschichtsquellen. Herausgeg. vom histor. Vereine für Steiermark. 9. Jahrg. Graz 1872.

Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg. Dritte Folge. 17. Heft. Innsbruck 1872.

Berichte des naturwiss.-medicin. Vereins zu Innsbruck. 1. Jahrg. Heft 2. — 2. Jahrg. Heft 1—3.

Sitzungsberichte d. philos.-philol. u. histor. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. zu München. 1872. Heft 2. 3. 4. 5. — 1873. Heft 1. 2. 3. München 1872. 1873.

Sitzungsberichte d. math.-phys. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch. zu München. 1872. Heft 2. 3. — 1873. Heft 1. 2. München 1872. 1873.

Gedächtnissrede auf Fr. Ad. Trendelenburg. Gelesen in d. öffentl. Sitzung der k. bayer. Akad. d. Wiss. zu München — am 28. März 1873 von Karl von Prantl. München 1873.

Rede in der öffentl. Sitzung der k. Akad. d. Wiss. am 25. Juli 1873 — gehalten von J. von Döllinger. München 1873.

Der Antheil d. k. bayer. Akad. d. Wiss. an der Entwickelung der Electricitätslehre. Vortrag in der öffentl. Sitzung der k. Akad. d. Wiss. am 25. Juli 1873 — gehalten von W. Beetz. München 1873.

Inhaltsverzeichniss zu Jahrg. 1860—1870 der Sitzungsberichte der k. bayer. Akad. d. Wiss. München 1872.

Verzeichniss der Mitglieder der k. bayer. Akad. d. Wiss. 1873. München 1873.

Bericht der histor. Commission bei der königl. (bayerischen) Akad. d. Wiss. bei ihrer vierzehnten Plenarversammlung abgestattet von dem Secretär W. v. Giesebrecht, München, d. 30. Oct. 1873.

Abhandlungen der königl. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. Bd. XVII, vom Jahre 1872. Göttingen 1872.

Nachrichten von d. königl. Gesellsch. d. Wissensch. und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen aus d. J. 1872. Göttingen 1872.

Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde. Von J. B. Listing. Aus den Nachrichten der k. Ges. d. Wiss. Göttingen 1872.

Die Einweihung der Strassburger Universität am 1. Mai 1872. Officieller Festbericht. Strassburg 1872.

Zur Geschichte der Universität Strassburg. Festschrift zur Eröffnung der Univ. Strassburg am 1. Mai 1872, von Aug. Stricker, Senats-Secretär. Strassburg 1872.

Die Neugründung der Strassburger Bibliothek und die Göthe-Feier am 9. August 1871. Strassburg 1871.

Zeitschrift des k. sächs. statistischen Bureau's. XVII. Jahrg. 1871. No. 5. 6. XVIII. Jahrg. 1872. No. 5—12. Dresden 1871. 1872. — Monatliche Berichte über die Resultate der meteorologischen Beobachtungen angestellt an den k. sächs. Stationen im J. 1872. S. XVII—LVI. Dresden 1873.

Jahres-Bericht der Handels- und Gewerbekammer zu Dresden. 1871. Dresden 1873.

Mittheilungen der k. sächs. polytechnischen Schule zu Dresden. Heft III. Hartig, Versuche über Leistung der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873.

Programm der k. sächs. polytechnischen Schule zu Dresden. 1873—74.

Verzeichniss der Vorlesungen an der k. sächs. Bergakademie zu Freiberg. (2 Exx.)

Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden. Sept. 1871 bis April 1872. Dresden 1872. (2 Exx.) — Oct. 1872 bis Juni 1873. Dresden 1873.

Vierteljahrsschrift der astronom. Gesellsch. VII. Jahrgang. 1872. 2. Heft. VIII. Jahrg. 1873. 1—4. Heft. Leipzig 1872. 1873.

Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Zwickau. 1872. Zwickau 1873.

Neues Lausitzisches Magazin. 50. Bd. 1. Heft. Görlitz 1873.

Zeitschrift f. d. gesammten Naturwissenschaften, redig. von C. G. Giebel. Neue Folge. Bd. V. 1872. Bd. VI. 1872. Bd. VII. 1873. Berlin 1872. 1873.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Fünfter Jahrg. (1872.) No. 16—20. Nebst Titel und Inhaltsverzeichniss. Berlin 1872. 1873. — Sechster Jahrg. (1873.) No. 1—18. Berlin 1873.

Schriften der königl. physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. XIII. 1872. Abth. 2. Königsberg 1872.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. XII. No. 3. 4. Halle 1873.

Bericht über die Sitzungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle im J. 1871.

Zweiundzwanzigster Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover. 1871—72. Hannover 1872.

Schriften der Universität zu Kiel aus d. J. 1872. Bd. XIX. Kiel 1873.

Jahresbericht d. physikal. Vereins zu Frankfurt a/M. f. d. Rechnungsjahr 1871—72. Frankfurt a/M. 1872.

Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen. Heft 4. Nov. 1871 — August 1872. — Heft 5. Nov. 1872 — August 1873. Erlangen 1872. 1873.

Verhandlungen der physikal.-medicin. Gesellschaft zu Würzburg. Neue Folge. Bd. III. Heft 4. Bd. IV. Heft 1. Würzburg 1873.

Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. VI. Dec. 1871 — Nov. 1872. Heidelberg 1872.

14. Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Giessen 1873.

Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. Jahrg. XXV. XXVI. Wiesbaden 1871. 1872.

Wirtembergisch Franken. Zeitschrift des historischen Vereins für das wirtembergische Franken. Achten Bds. drittes Heft. Jahrg. 1870. Weinsberg.

Verhandlungen des Vereins für Kunst und Alterthum in Ulm und Oberschwaben. Neue Reihe. Fünftes Heft. Ulm 1873.

Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Frauenfeld. 54. Jahresversammlung. 1871. Frauenfeld.

Actes de la Société Helvétique des sciences naturelles. 55me Session. Compte rendu 1872. Fribourg 1873.

Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammte Naturwissenschaft. Bd. 25 oder 3. Decade, Bd. 5. Zürich 1873.

Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus d. J. 1871. No. 745—791. Bern 1872. — Aus d. J. 1872. No. 792—811. Bern 1873.

Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. Fünfter Theil. Viertes Heft. Basel 1873.

Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Tome XXI, partie 2. Tome XXII. Tome XXIII, partie 1. Genève 1872. 1873.

Verhandelingen der Kon. Akad. v. Wetensch. Afd. Letterkunde. Zevende Deel. Amsterdam 1872.

C. Leemans, Bathmensche Muurschilderingen. Verhandelingen der Kon. Akad. v. Wetensch. Afd. Letterkunde. Deel VII. Amsterdam 1872. (11 lithograph. kirchliche Wandbilder.)

Verslagen en Mededeelingen d. Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Afd. Letterkunde. 2e Reeks, 2e Deel. Amsterdam 1872. — Afd. Natuurkunde. 2e Reeks, 6e Deel. Amsterdam 1872.

Ad juvenem Satira Petri Esseiva Friburgensis Helvetii, cui certaminis poetici praemium e legato J. H. Hoeufft adjudicatum est in consessu publico Academiae Regiae disciplinarum Neerlandicae A. D. Id. Mart. anni 1872. Amstelodami 1872.

Jaarboek v. d. Kon. Akad. v. Wetensch. gevestigd te Amsterdam, voor 1871. Amsterdam.

Processen-Verbaal van de gewone Vergaderingen d. Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Afd. Natuurkunde, Mei 1871—April 1872.

Onderzoekingen gedaan in tet physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Uitgegeven door F. C. Donders en Th. W. Engelmann. Derde Reeks. I. Aflev. III. Derde Reeks. II. Aflev. I. Utrecht 1872. 1873.

Dertiende jaarlijksch Verslag betr. de Verpleging en het Onderwijs in het Nederlandsch Gasthuis voor Ooglieders, door F. C. Donders. Utrecht 1872.

Mémoires de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Tome XXXVII. Bruxelles 1872.

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Acad. Roy. &c. de Belgique. Collection in-8°. T. XXII. Bruxelles 1872.

Bulletins de l'Acad. Roy. &c. de Belgique. 39. Année. 2. Sér. T. XXXI. 40. Année. 2. Sér. T. XXXII. Bruxelles 1871. — 41. Année. 2. Sér. T. XXXIII. 42. Année. 2. Sér. T. XXXIV. Bruxelles 1872.

Centième Anniversaire de la fondation de l'Acad. Roy. &c. de Belgique. T. I. II. Bruxelles 1872.

Annales météorologiques de l'Observatoire Royal de Bruxelles, publiées par A. Quetelet. 5e Année. Bruxelles 1871.

A. Quetelet, Tables de mortalité. Extrait du tome 13 du Bulletin de la Commission centrale de statistique de Belgique. Bruxelles 1872.

A. Quetelet, De l'homme considéré dans le système social. Extrait des Bulletins de l'Acad. de Belgique.

Annales de la Société entomologique Belge. Tome I—XV. (Von Tome VIII an mit Veränderung von Belge in de Belgique.) Bruxelles 1857 — 1871—72.

Ouddietsche Fragmenten van den Parthonopeus van Bloys, grootendeels bijeenverzameld door wijlen Prof. Ferdinandus Deycks, en verder in orde geschikt en kritisch uitgegeven op last van de kon. Akad. v. Belgie, door J.-H. Bormans. Brussel 1871.

Speghel der Wijsheit of Leeringhe der Zalichede, van Jan Praet, westvlaemischen Dichter van 't einde der XIIIe Eeuw, voor de eerste Mael uitgegeven van wege de Koninglijke Akademie van Belgie, door J.-H. Bormans. Brussel 1872.

Publications de l'Institut R. Grand-Ducal de Luxembourg. Tome XIII. Luxembourg 1873.

Bullettino dell' Instituto di Corrispondenza archeologica per l'anno 1873. No. I—XII. Gennajo-Dicembre 1873. Roma.

Memorie del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. Vol. XVII. S. 189—572. Venezia 1872—73.

Atti del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. Tomo I, Serie IV, Disp. VIII. X. Tomo II, Serie IV, Disp. I—VI. Venezia 1872—3.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Cl. di scienze morali e politiche. Vol. XII. III della Serie III. Fasc. III. Milano 1872.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Cl. die scienze matematiche e naturali. Vol. XII. III della Serie III. Fasc. Milano 1872.

R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti. Ser. II. Vol. V. Fasc. VIII—XV e XVI. Milano 1872.

Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. Vol. VIII. Disp. 1—6. Torino 1873.

Cosmos, communicazioni sui progressi più recenti e notevoli della geografia e scienze affini, di Guidi Cora. I. Torino 1873.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 161. (1871.) P. II. — Vol. 162. (1872). P. I. II. London 1871. 1872.

Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XX. No. 130—138. Vol. XXI. No. 139—145.

Catalogue of scientific Papers, 1800—1863, compiled and published by the Royal Society of London. London 1872.

The Royal Society. 30th Nov. 1871. — 30th Nov. 1872. (2 Stück.)

Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. Vol. VI. Part V. VI. London 1872.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. 26. Part 4. Edinburgh 1872.

Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Vol. VII. No. 84. Edinburgh 1872.

The Journal of the Royal Dublin Society. Vol. VI. No. 2. Dublin 1872.

Transactions of the R. Irish Academy. Vol. XXIV. P. 16. 17. Vol. XXVIII, P. 1. 2. 3. Dublin 1870—72.

Proceedings of the R. Irish Academy. Vol. X. P. IV. Dublin 1870. — Ser. II. Vol. I. No. 2—6. Dublin 1872.

Journal of the R. Geological Society of Ireland. New Series. Vol. III. Part 3. 1872—73. London 1873.

Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des sciences. Tome 19. Paris (Lyon) 1871—72.

Annales de la Société Linnéenne de Lyon. Année 1872. Nouvelle Série. Tome XIX. Paris 1872.

Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Tome VIII. Cahier 4. Bordeaux 1872.

Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Extrait des Procès-verbaux des séances. Tome IX. Cahier a, b, c, d. (pag. I—LVI.) Bordeaux 1869.

Académie des sciences et lettres de Montpellier. Mémoires de la Section de médecine. Tome IV. 3. Fasc. 1863. 4. Fasc. 1866—68. 5. Fasc. 1869. — Mémoires de la Section des sciences. Tome VI. 2. Fasc. 1865. 3. Fasc. 1866. Tome VII. 1. 2. 3. 4. Fasc. 1867—70. 8. Fasc. 1871. — Mémoires de la Section des lettres. Tome IV. 2. Fasc. 1865. 3. Fasc. 1866. 4. Fasc. 1867—68. Tome V. 1. Fasc. 1869. 2. et 3. Fasc. 1870—71.

Anales del Observatorio de Marina de San Fernando. Publicados de órden de la Superioridad, por el Director Don Cecilio Pujazon, Capitan de Fregata. Seccion Iª Obs. astron. S. 1—24. Obs. meteorol. S. 33—96. San Fernando 1871.

Det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. 5. Række. Naturvidenskabelig og mathematisk Afd. 9. Bd. 8. 9. Hefte 10. Bd. 1. 2. Hefte. Kjøbenhavn 1873.

Oversigt over det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og dets Medlemmers Arbeider i Aaret 1871, No. 3. — i Aaret 1872, No. 1. 2. Kjøbenhavn.

Studier til Danmarks Historie i det 13de Aarhundrede. Andet Stykke. Om Kong Valdemars Jordbog. Tredie Stykke. Nordtydske Fyrster faa Del i den Danske Kongefamilies Arvegods. Fjerde Stykke. Af C. Paludan-Müller (Videns. Selsk. Skr., 5 R., histor. og philos. Afd., 4 Bd. V—VI. VIII.)

Nogle Bemærkinger om Skjaldedigtenes Beskaffenhed i formel Henseende. Af Konr. Gislason. (Vidensk. Selsk. Skr., 5 R., histor. og philos. Afd., 4 Bd. VII. 4.)

Bemærkinger om den histor. Kritik, oplyst ved nogle kritiske Bidrag til dansk Historie. Af H. Fr. Rørdam. (Vidensk. Selsk. Skr., 5 R., histor. og philos. Afd., 4. Bd. IX.)

Bijdrag til Kundskab om Ege familien. Kjøbenhavn 1871. (Vidensk. Selsk. Skr. 5 R., natv. og math. Afd., IX Bd. 6.)

Læren om homogene tunge Vædskers Tryk paa plane Arealer. Kjøbenhavn 1872. (Vidensk. Selsk. Skr. 5 R.; natv. og math. Afd., IX Bd. 7.)

Indbydelsesskrift til Kjøbenhavns Universitets Aarsfest til erindring om Kirkens Reformation. Heri: Undersøgelser over de nebulose Stjerner i Henseende til deres spektralanalytiske Egenskaber. Af H. d'Arrest. København 1872.

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. Aar 1871. Aar 1872. Aar 1873 første Hefte. Christiania 1872. 1873.

Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Udgivet af den physiographiske Forening i Christiania ved G. O. Sars og Th. Kierulf. 19. Binds 1. og 2. 3. og 4. Hefte. 20. Binds 1. Hefte. 2. Hefte. Christiania 1872. 1873.

On some remarkable forms of animal life from the great deeps of the Norvegian Coast. I. Partly from posthumous manuscripts of the late Prof. Michael Sars by G. O. Sars. With 6 Copper Plates. Universitets-Program for the 1st halfyear 1869. Christiania 1872.

Die Pflanzenwelt Norwegens. Ein Beitrag zur Natur- und Culturgeschichte Nord-Europas. Von F. C. Schübeler. (Allgemeiner Theil.) Herausgeg. auf Veranlassung des academ. Collegiums als Universitäts-Programm für das 2te Semester 1871. Mit 15 Carten u. Illustrationen. Christiania 1873.

On the rise of land in Scandinavia by S. A. Sexe. To accompany the »Index Scholarum« of the University for the year 1872, first Season. Christiania 1872.

Forekomster af Kise i visse Skifere i Norge, med 3 Plancher og flere Træsnit, af Amund Helland, udgived ved E. B. Münster. Udgivet som Universitetsprogram for 1ste Semester 1873. Christiania 1873.

Det Kong. Norske Frederiks Universitets Aarsberetning for Aaret 1871, dateret Juni 1872, med Bilage. Christiania 1872.

Norges officielle Statistik, udgiven i Aaret 1869. C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i Aaret 1868. Bilag til Norges officielle Statistik. Udgiven i Aaret 1869. A. No. 1. Udgiven af Departementet for Kirke- & Undervisningsvæsenet.

Norges officielle Statistik udgiven i Aaret 1870:

B. No. 2. Tabeller vedkommende Skiftevæsenet i Norge i Aaret 1868.

B. No. 2. Tabeller vedkommende Skiftevæsenet i Norge i Aaret 1869.

C. No. 3. Tabeller vedkommende Norges Handel og Skibsfart i Aaret 1868.

C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i Aaret 1869.

F. No. 2. Den Norske Brevposts Statistik for Aaret 1868.

Norges officielle Statistik udgiven i Aaret 1871:

A. No. 2. Fattig-Statistik for 1867.

A. No. 2. Fattig-Statistik for 1868.

C. No. 3. Tabeller vedkommende Norges Handel og Skibsfart i Aaret 1869.

C. No. 5. Tabeller over de Spedalske i Norge i Aaret 1870.

D. No. 1. Oversigt over Kongeriget Norges Indtægter og Udgifter i Aaret 1869.

F. No. 1. Den Norske Staatstelegrafs Statistik for Aaret 1870.

Norges officielle Statistik udgiven i Aaret 1872:

A. No. 1. Beretning om Skolevæsenets Tilstand i Kongeriget Norges Landdistrict for Aaret 1867.

A. No. 1. Beretning etc. for Aaret 1868.

A. No. 1. Beretning etc. for Aaret 1869.

A. No. 2. Fattigstatistik for 1869.

B. No. 2. Tabeller vedkommende Skiftevæsenet i Norge i Aaret 1870.

C. No. 3. Tabeller vedkommende Norges Handel og Skibsfart i Aaret 1870.

C. No. 3a. Uddrag af Consulatberetninger vedkommende Norges Handel og Skibsfart i Aaret 1871.

C. No. 7. Tabeller vedkommende Norges almindelige Brandforsikrings-Indretning for Bygninger, forsaavidt angaar dens virksomhed i Aarene 1864—1870, Begge inclusive.

C. No. 8. De offentlige Jernbaner i Aaret 1871.

D. No. 1. Oversigt over Kongeriget Norges Indtægter og Udgifter i Aaret 1870.

F. No. 1. Den Norske Statstelegrafs Statistik for Aaret 1871.

Norges officielle Statistik udgiven i Aaret 1873:

A. No. 1. Beretning om Skolevæsenets Tilstand i Kongeriget Norges Landdistrict og Rigets Kjøbstæder og Lagesteder for Aaret 1870.

C. No. 3b. Tabeller vedkommende Norges Handel i Aaret 1871.

C. No. 10. Kommunale Forholde i Norges Land- og Bykommuner i Aarene 1867 og 1868.

Norske Rigsregistranter tildeels i Uddrag. Udgivne efter offentlig Foranstaltning. Femte Binds første Hefte, 1619—1623. Udgivet ved O. Gr. Lundh og J. E. Sars. Christiania 1872.

Anden Beretning om Ladegaardsøens Hovedgaard. Med Hans Majestæt Kongens naadigste Tilladelse udgivet af Bestyreren. Første Hefte. Christiania 1872.

Beretning om den almindelinge Udstilling for Tromsø Stift, afholdt i Tromsø August og September 1870. Tromsø og Kristiania 1872.

Norsk meteorologisk Aarbog for 1871. Udgivet af det meteorologiske Institut. 5de Aargang. Christiania 1872.

Nova Acta Reg. Societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III. Vol. VIII. Fasc. 2. 1873. Upsala 1873.

Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. IV. No. 1—6, 7—12. Vol. V. No. 1—6. Upsal 1872. 1873.

Acta Universitatis Lundensis. Lunds Universitets Års-Skrift. 1869. Philosophi, Språkvetenskap och Historia. Lund 1869—70. — 1870. Theologi. Lund 1870—71.

Prodoljenie Swoda Zakonow Rossiïskoi Imperiï izdannago w 1857 Goda. S 1 Janw. po 31 Dek. 1871 Goda. Sanktpeterburg 1872.

Ustav ob Akcizie s Tabaku. Izdanie 1872 Goda.

Mémoires de l'Acad. Impériale des sciences de St.-Pétersbourg. VIIe Série. Tome XVIII. No. 8. 9. 10 et dernier. Tome XIX. No. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. St.-Pétersbourg 1872—73.

Bulletin de l'Acad. Imperiale des sciences de St.-Pétersbourg. Tome XVII. No. 4. 5. Tome XVIII. No. 1. 2. St.-Pétersbourg 1872.

Jahresbericht für 1871—72 und 1872—73 am 18. Mai 1873 dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte abgestattet vom Director der Sternwarte. (Aus d. Russischen übersetzt.) St. Petersburg 1873.

Observations de Poulkova publiées par O. Struve. Vol. IV. Observations faites au cercle vertical. St.-Pétersbourg 1872. — Vol. V. Déduction des déclinaisons du catalogue principal. Mémoire de M. H. Gyldén. Observations faites au cercle vertical 1844 Janv. 4. — 1849 Juillet 8. St.-Pétersbourg 1873.

Annalen des physikalischen Centralobservatoriums, herausgeg. von H. Wild. Jahrgang 1871. St. Petersburg 1873.

Trudy Imperatorskago S. Peterburgskago Botaničeskago Sada. Tom I. Wypusk II. Tom II. Wypusk I. S. Peterburg. 1872. 1873.

Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. Année 1872. No. 2. 3. 4. 1873. No. 1. Moscou 1872. 1873.

Recueil d'Antiquités de la Scythie. Avec un Atlas. Publié par la Commission Impériale Archéologique. Livraison II. St.-Pétersbourg 1873. — Der Atlas dazu. Livraison II. Planches C — F et XXII —XL. St.-Pétersbourg 1873.

Učenya Zapiski Imperatorskago Kazanskago Universiteta za 1872 goda. Kazan 1872.

Izwjestia Imperatorskago Kazanskago Universiteta za 1872 goda. Kazan 1873.

Izwjestia i Učenya Zapiski Kazanskago Universiteta. 1869. Heft 6. — 1870. Heft 3. 4. 5. 6. — 1871. Heft 4. 5. 6. — 1873. Heft 2. 3. Kazan.

Zapiski Noworossiïskago Obščestwa Estestwoispytaleï. Tom I. Wypusk 3. Tom II. Wypusk 1. Odessa 1873.

Ὑπουργεῖον οἰκονομικῶν. Τμῆμα γ. Γενικὸς πίναξ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἐμπορίου τῆς Ἑλλάδος διὰ τὰ ἔτη 1867 καὶ 1868. Ἐν Ἀθήναις 1872. — Dasselbe διὰ τὰ ἔτη 1869, 1870 καὶ 1871. Ἐν Ἀθήναις 1873.

Ἀρχαιολογικὴ Ἐφημερὶς ἐκδιδομένη ὑπὸ τῆς ἐν Ἀθήναις ἀρχαιολογικῆς Ἑταιρίας δαπάνῃ τῆς βασιλικῆς κυβερνήσεως. Περίοδος β'. Τεῦχος ιέ. Ἐν Ἀθήναις 1872. — Τεῦχος ις'. Ἐν Ἀθήναις 1873.

Spezieller Bericht über Einwanderung in die Vereinigten Staaten nebst Nachrichten für Einwanderer betreffs Kauf- und Mieth-Preis von Land u. s. w. von Edw. Young, Director des Statistischen Bureaus. Washington 1872.

Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia. Vol. XII. No. 88. Jan. — June 1872. No. 89. July — Dec. 1872.

Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Part I. II. III. Jan. — Dec. 1871. Part I. II. III. Jan. — Dec. 1872. Philadelphia 1872.

Memoirs of the Boston Society of Natural History. Vol. II. P. I. No. 2. 3. P. II. No. 1. 2. 3. Boston 1872. 1873.

Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XIV. pag. 1 — 112, 113 — 224. 1870. — pag. 369 — 436 (unvollständig). — Vol. XV. P. I. II. Boston 1872. 1873.

Proceedings of the American Association for the advancement of science. Meeting 20. 1871. Meeting 21. 1872. Cambridge 1872. 1873.

Transactions of the Academy of Science of St. Louis. Vol. III. No. 1. St. Louis 1873.

Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. IX. P. II. Cambridge 1873.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. VIII. Meeting 623—641. Pag. 297—504.

Ellis, Memoirs of Sir Benjamin Thomson, Count Rumford. Published by the American Acad. of Arts and Sciences. Philadelphia.

Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. III. No. 5. 6. Cambridge, Mass.

Illustrated Catalogue of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. No. IV. V. VI. Cambridge 1871—72.

Annual Report of the Trustees of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College in Cambridge for 1871. Boston 1872.

Memoirs of the Peabody Acad. of Sciences. Vol. I. No. II. No. III. Salem, Mass.

The American Naturalist, a popular illustrated Magazine of Natural History. Vol. V. No. 2—12. Vol. VI. No. 1—11. Salem, Mass. Peabody Acad. of Sciences.

Annual Report of the Trustees of the Peabody Acad. of Sciences for the year 1871. Salem 1872.

Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, arts and letters. 1870—72. Madison, Wisc. 1872.

Washington Astronomical Observations made during the year 1870. Appendix I. II. III. IV. Washington 1870—1873.

Archives of Science and Transactions of the Orleans County Society of Natural Sciences. Vol. I. July 1871. No. IV. — Oct. 1872. No. V. Newport, Orleans Co. Vermont.

Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences. Vol. I. No. 1. Buffalo 1873.

Annual Report of the Massachusetts charitable eye- and ear- infirmary. 1873. Boston 1873.

An Account of newspapers &c. published in Salem from 1768 to 1856. Salem 1856.

Report of the Commissioner of Agriculture for 1871. Washington 1872.

Sechsundzwanzigster Jahresbericht der Staats-Ackerbaubehörde von Ohio für d. J. 1871. Columbus, Ohio 1872.

Monthly Reports of the Department of Agriculture for 1872. Washington 1873.

Annual Report of the Commissioner of Patents for the year 1869, 1870, 1871. Vol. I, II. (für jedes Jahr. Im Ganzen 6 Stück.) Washington 1870—72.

The Penn Monthly. August 1873. Philadelphia.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1871. Washington 1873.

Smithsonian Contributions to knowledge. Vol. XVIII. Washington 1873.

Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. X. Washington 1873.

Climats, Géologie, Faune et Géographie botanique du Brésil, par Emm. Liais. Ouvrage publié par ordre du Gouvernement Impérial du Brésil. Paris 1872.

Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Deel XXXIV. XXXV. XXXVI. Batavia 1870. 1872.

Notulen van de algemeene en Bestuurs-Vergaderingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Deel VIII. 1870. Deel IX. 1871. Deel X. No. 1. 2. 3. 1872. Batavia 1871. 1872.

Eerste Vervolg Catalogus der Bibliotheek en Catalogus der Maleische, Javaansche en Kawi Handschriften van het Batav. Gen. v. K. en W. Batavia 1872.

Tijdschrift voor Indische Taal-, Land- en Volkenkunde. Deel XVIII. Zesde Serie. Deel I. Aflev. 2. 3. 4. 5. 6. — Deel XX (sic). Zevende Serie. Deel I. Aflev. 3. Deel II. Aflev. 1. Batavia 1871. 1872.

Het Schrijven van Soendaasch met latijnsche Letter, door K. F. Holle.

Einzelne Schriften.

James Henry, Aeneidea, or critical, exegetical, and aesthetical Remarks on the Aeneis, with a personal collation of all the first class mss., upwards of one hundred second class mss., and all the principal editions. Vol. I. London 1873.

James Henry. Miscellanies. Presented by the Author, Dalkey Lodge, Dalkey, Ireland. (Enthält: 1) British Legations. A letter to the Editor of the Morning Herald, concerning the late aggression of the British Embassy in Japan. By a British Subject travelling with H. M.'s Passport. 2) Religion, Worldly-Mindedness and Philosophy. By a Physician. 1860. 3) An Account of the Drunken Sea. By James Henry, M. D. Dublin 1840. 4) The Poor-Law Guardian's Song. 5) The Eneis (engl. Uebersetzung der zwei ersten Gesänge der Aeneide mit Anmerkungen).

James Henry, An Account of the Proceedings of the Government Metropolitan Police in the City of Canton. Dublin 1840.

Gustav Storm, Snorre Sturlassön's Historieskrivning, en kritisk Undersögelse. Kjöbenhavn 1873.

Om Norske Kongers Hylding og Kroning i ældere Tid. Christiania 1873.

Zöllner, Ueber die Natur der Cometen. Zweite Auflage. Leipzig 1872.

Grassmann, Erdgeschichte oder Geologie. Stettin 1873.

Packard, Record of American Entomology. 1870. Salem 1871.

Rumford (Count), Complete Works. Vol. I. Boston 1870.

G. O. Sars, Carcinologiske Bidrag til Norges Fauna. I. Monographi over de ved Norges kyster forekommende Mysider. Andet Hefte. Christiania 1872.

W. G. Brøgger, Bidrag til Kristianiafjordens Molluskfauna. Christiania 1872.

G. O. Sars, Bidrag til kundskaben om Christianiafjordens Fauna. III. Christiania 1873.

P. A. Munch, Nordens ældste Historie. S. l. e. a.

J. Lieblein, Recherches sur la Chronologie égyptienne d'après les listes généalogiques. (Avec 9 tables autographiées.) Christiania 1873.

Agassiz, Application of Photography to Illustrations of Natural History. With 2 plates. (Sonderabzug.)

W. H. Dall, Preliminary descriptions of new species of Mollusks from the Northwest coast of America. (Sonderabzug aus Proceedings of the Californian Acad. of Sciences.) 1872.

W. H. Dall, Descriptions of 3 new species of Crustacea of the N. W. coast of America. (Sonderabzug ebendaher.) 1873.

W. H. Dall, On Parasites of the Cetaceous of the N. W. coast of America. (Sonderabzug ebendaher.) 1872.

W. H. Dall, Supplement to the revision of Terebratulae. With 2 plates. (Sonderabzug aus American Journal of Conchology, 1871.)

W. H. Dall, Notes of the Avi-fauna of the Aleutian-Islands. S. Francisco 1873.

Rich. Andree, Das Sprachgebiet der Lausitzer Wenden vom 16. Jahrh. bis zur Gegenwart. Mit einer Karte. Prag 1873.

J. W. Gray & Son, Lightning: its destructive action on Buildings, and the necessity of a proper system of Conductors for their protection. London.

T. W. Grey, Lightning: its destructive action on Ships, with notices of the preservation in thunderstorms of certain ships and vessels of the Royal Navy, by means of a systematical application of electrical conductors. London.

O. Lehmann, Revolution der Zahlen, die Seh in Schrift und Sprache eingeführt. Leipzig 1869.

O. Lehmann, Beiblatt zu Revolution der Zahlen. Leipzig 1870.

O. Lehmann. II. Beiblatt zu Revolution der Zahlen: Warum ist unter allen Zahlensystemen das Sehsystem das zweckmässigste? Leipzig 1872.

O. Lehmann, Logarithmen, gewöhnliche und trigonometrische, für die Grundzahl Seh bearbeitet. Leipzig 1873.

Exner, Untersuchungen über die Härte an Krystallflächen. Gekrönte Preisschrift. Wien 1873.

E. Mach, Zur Theorie des Gehörorgans. Zweiter unveränderter Abdruck aus dem 48. Bde. der Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. in Wien. (Mathem. Naturw. Cl.) Prag 1872.

E. Mach, Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Vortrag gehalten in der k. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1872.

E. Mach, Optisch-akustische Versuche. Die spectrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper. Prag 1873.

E. Mach, Beiträge zur Doppler'schen Theorie der Ton- und Farbenänderung durch Bewegung. Gesammelte Abhandlungen. Prag 1874.

H. C. Vogel, Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp. Heft I. Mit 7 lithogr. Tafeln u. mehreren Figuren in Holzschnitt. Leipzig 1872. — Heft II. Mit 6 lithogr. Tafeln und mehreren Figuren in Holzschnitt. Leipzig 1873.

J. Simani, Dante Alighieri und Philalethes. Ein Gedenkblatt an den 21. Nov. 1872. Carlsbad.

Den Norske Turistforenings Årbog for 1871. Kristiania.

F. C. Schübeler, Pflanzengeographische Karte über das Königreich Norwegen. Christiania 1873.

Zuwachs der Grossherzogl. Bibliothek zu Weimar im J. 1872. Weimar 1873.

SITZUNG AM 21. FEBRUAR 1873.

L. Gerlach, *Ueber den Auerbach'schen Plexus myentericus.* Aus dem physiolog. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig*.

Mit zwei Tafeln in Steindruck.

Das Gangliennetz der Muskelhaut des Darms ist seit seiner Entdeckung durch *Auerbach*, der darüber in zwei kleineren Mittheilungen berichtet hat[1]), einer eingehenden Untersuchung nicht wieder unterzogen worden. Zwar wird der Plexus myentericus in den Handbüchern von *Kölliker* und *Frey*, besonders in dem ersteren, auf Grundlage eigener Beobachtungen besprochen; es enthalten aber die Angaben dieser Forscher mehr eine Bestätigung, als eine Erweiterung der *Auerbach*'schen Mittheilungen. Es schien deshalb wünschenswerth, einen Versuch zu machen, unsere Kenntniss dieser interessanten Bildung durch neue Untersuchungen zu erweitern.

Was zunächst die Präparationsmethoden anlangt, welche in folgender Arbeit zur Anwendung kamen, so richteten sich diese nach der Beschaffenheit der Darmmuskulatur des betreffenden Thieres, wobei ich gleich bemerken will, dass nur der Darm von Warmblütern untersucht wurde. Bekanntlich sind die beiden Muskellagen bei den einzelnen Thieren verschieden stark entwickelt; sie lassen sich ferner bei den einen leichter, bei den andern schwerer von einander trennen. Für unsere Zwecke eignete sich besonders gut der Darm solcher Thiere, dessen schwache Längsmuscularis sich leicht von der Quermuskellage abheben liess; dies ist z. B. der Fall beim Meerschweinchen, dem Kaninchen, der Taube. Bei ihnen liess sich die Serosa mit der Längsmuscularis, an welcher der Plexus myentericus hängen

1) *L. Auerbach*, Ueber einen Plexus myentericus. Breslau 1862. und *Virchow's* Archiv XXX. 457.

blieb, auch schon im frischen Zustande ganz leicht von der Quermuskellage abziehen; noch besser, wenn man den Darm 12—24 Stunden in verdünnten Lösungen von Kali bichromicum oder in Kochsalzlösungen von 10 % hatte liegen lassen. Bei anderen Thieren z. B. dem Schafe, dem Schweine und ebenso auch beim Menschen musste der Darm erst Tage lang in obigen Lösungen liegen bleiben, ehe es nur einigermassen mit Hülfe von Präparirnadeln und der Lupe möglich war, die beiden Muskelschichten zu trennen. Jedoch gelang dies niemals vollständig; immer blieben querliegende Muskelfasern an der Längsmuscularis hängen. Die auf diese Weise gewonnenen Häutchen wurden hierauf nach der von *Schweigger-Seidel* angegebenen Methode (s. *Cyon*, Ueber die Nerven des Peritoneum. Berichte der Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Math.-phys. Classe 1868) mit Carmin gefärbt. Nach 24stündiger Behandlung der so gewonnenen Präparate mit angesäuertem Glycerin tritt der intensiv gefärbte Plexus auf den blasseren Muskelfasern deutlich hervor.

An Präparaten, welche auf die beschriebene Weise dargestellt wurden, findet man, dass der Plexus myentericus sich aus Ganglien, sowie aus grösseren und kleineren Strängen von Nervenfasern zusammensetzt.

Die Ganglien bestehen aus einer eigenthümlichen Grundsubstanz, aus Ganglienzellen, welche in jene eingebettet sind, und aus Nervenfasern. Erstere scheint vollkommen übereinzustimmen mit der sog. Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems und der Retina. Sie erscheint hier in den Ganglien des Plexus myentericus fein granulirt und hie und da mit kleinen Kernen besetzt. Die Grundsubstanz bildet, wie schon angedeutet, die Umhüllung der Ganglienzellen, und in ihr verlaufen die von jenen abgehenden Nervenfasern. Die Ganglienzellen sind von verschiedener Grösse; so finden sich in demselben Ganglion Zellen von 30 μ und wieder auch nur von 12 μ in ihrem längeren Durchmesser. Sie besitzen einen runden oder seltener elliptischen Zellkern, der sich von der übrigen granulirten Zellsubstanz durch eine helle Linie scharf abgrenzt, mit 1—3 Nucleolis. Eine eigentliche Zellmembran ist nicht nachweisbar. Die Gestalt der Ganglienzellen ist ziemlich unregelmässig; am häufigsten sind eckige oder birnförmige Formen. Von den Fortsätzen der Zellen ist, da sie sich in der Grundsubstanz verlieren, im Ganglion selbst, wenig zu sehen. Man muss daher die Zellen zu isoliren

suchen, was allerdings keine leichte Aufgabe ist. Sehr geeignet hiezu fand ich eine Kochsalzlösung von 10 %, in welcher die Häutchen 8—10 Tage lang liegen müssen; man darf jedoch nicht vergessen, die Lösung alle Tage zu erneuern. Hierauf wird, wie oben, mit Carmin tingirt, und schliesslich in Glycerin zerzupft. Auch erwies sich die Methode von *Rindfleisch*, die betreffenden Gewebstheile nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure in Glycerin zu maceriren sehr gut anwendbar. Am leichtesten gelingt es beim Meerschweinchen die Ganglienzellen zu isoliren, weniger gut beim Schaf oder Kaninchen. Die isolirten Zellen scheinen fast sämmtlich mehrere Fortsätze zu besitzen. Ich glaube daher die Angaben von *Auerbach* und *Kölliker*, die sie grösstentheils als unipolare hinstellen, auf Eingriffe bei der Präparation zurückführen zu müssen. Allerdings kamen auch mir viele fortsatzlose Zellen zu Gesicht, aber bei allen schienen mir mehrere Fortsätze abgerissen zu sein. Dagegen glaube ich eher an ein Vorkommen bipolarer Zellen, jedoch in der Art, dass sich der eine der beiden Fortsätze alsbald nach seinem Abgang von der Zelle mehrmals theilt. Bei den meisten der isolirten Ganglienzellen blieben von den Fortsätzen nur kurze Stücke erhalten. In günstigen Fällen kann man jedoch beobachten, dass die Fortsätze alsbald sich in ganz feine Aestchen theilen. Diese anastomosiren mit ähnlichen von anderen Zellen kommenden, wodurch es zur Bildung eines Nervenfasernetzes kommt, das sich in gleicher Weise wie das bereits aus der grauen Substanz des Cerebrospinalorgans bekannte, zu verhalten scheint. Ob aus demselben feinste Fasern zu den Strängen abgehn, kann ich noch nicht mit voller Bestimmtheit feststellen, doch scheinen mir manche Präparate für diese Annahme zu sprechen. Zuweilen lassen sich auch Nervenzellen isoliren mit einem langen Fortsatz, der ungetheilt verläuft, und schliesslich varicöse Anschwellungen in Form von kleinen Knötchen zeigt, also das Aussehn einer Nervenfaser besitzt (Fig. 1, b). Die in den Ganglien selbst befindlichen von den Zellen kommenden Nervenfasern entziehen sich, da sie in der granulirten Grundsubstanz verlaufen, fast gänzlich der Beobachtung. Nur selten sieht man an Stellen, an welchen Stränge zu den Ganglien herantreten, 2—3 feinste Nervenfasern aus der Gangliensubstanz in diese einmünden.

Was die Form der Ganglien betrifft, so haben alle nur das Eine mit einander gemeinsam, dass sie sehr platte Gebilde dar-

stellen, indem sie fast überall nur aus einer einzigen Ganglienzellenlage bestehen. Im Uebrigen trifft man sehr verschiedene Bildungen. Viele sind an und für sich rundlich, erhalten jedoch durch die an sie herantretenden und abgehenden Nervenfaserstränge das Aussehn eines mehrstrahligen Sternes; andere sind mehr oval, wieder andere zeigen ringähnliche Formen, indem in der Mitte des Ganglions sich eine Oeffnung befindet. Letztere Art findet man am häufigsten beim Menschen. Auch in Betreff ihrer Grösse herrschen bedeutende Verschiedenheiten. Man findet Ganglien aus 3 Zellen bestehend mit einem Durchmesser von 60 μ, und wieder andere, welche 1,5 Mm. lang sind und an ihren breitesten Stellen einen Durchmesser von 80 μ haben. Derartige lange, in die Quere gestreckte Ganglien kommen besonders im Dünndarm des Meerschweinchens vor.

Den zweiten wesentlichen Bestandtheil des Plexus myentericus bilden die Nervenfaserstränge. Die Primitivfasern, aus welchen dieselben bestehen, sind feine, sehr stark lichtbrechende Fäden, an welchen man weder Scheide noch Kerne mehr wahrnehmen kann. Sie bilden breitere und feinere Stränge, welche sich beide zu Netzen verbinden.

Die breiteren sind ebenso, wie die Ganglien platt, bandartig und zeigen eigenthümlicher Weise, wie schon *Auerbach* vollkommen richtig angibt, nicht bei allen Thieren dieselbe Gruppirung der einzelnen Nervenfasern. Bei den einen Thieren nämlich treten 2—4 oder 4—8 solcher Primitivfasern zu einem Bündel zusammen, welches von einer zarten mit Kernen besetzten Scheide umhüllt wird; eine kleinere oder grössere Anzahl solcher parallel neben einander verlaufender Bündel bildet dann einen Strang. Dies ist z. B. bei den meisten Vögeln der Fall (Fig. 2). Bei anderen Thieren dagegen fehlen diese kleineren Bündel mit ihren Scheiden, und es werden die Stränge nur von einer grösseren Anzahl feinster Fasern gebildet, welche von einer dickeren mit Kernen besetzten Hülle umgeben werden. Dieses Verhalten findet sich z. B. beim Meerschweinchen.

Die beschriebenen Nervenfaserstränge vereinigen sich nun mit den Ganglien zu dem Hauptgeflecht des Plexus myentericus, und zwar so, dass die Knotenpunkte immer von Ganglien dargestellt werden. In der Breite dieser Stränge kommen natürlich bei den einzelnen Thieren bedeutende Verschiedenheiten vor; doch scheint mit der Grösse des Thieres die Breite der

Stränge zu wachsen. So besitzen die Stränge im Dünndarm bei der Taube eine Breite von circa 17 μ, beim Meerschweinchen von 20 μ, beim Kaninchen von 22 μ, beim Menschen (Kind) von 26 μ. Was die Richtung anlangt, welche die Stränge und die Ganglien einschlagen, so kann ich *Auerbach*, der ersteren einen nur longitudinalen, letzteren einen transversalen Verlauf anweist, nicht für alle Thiere beipflichten. Es scheint diese Angabe nur für den Dünndarm des Meerschweinchens zu passen. Bei allen andern Thieren, die ich untersuchte, lagen Stränge und Ganglien sowohl in longitudinaler, als transversaler oder auch schräger Richtung. Hienach wird sich im Wesentlichen auch die Form der Maschen richten; wir sehen daher im Dünndarm des Meerschweinchens in der Ueberzahl rechteckige Maschen, während bei andern Thieren die Maschen des ersten Geflechtes meist grössere 5—8eckige Figuren darstellen, zwischen welche sich auch kleinere 3—4eckige Maschen einschieben.

Auch bei ein und demselben Thiere bleibt sich die Grösse dieser Maschen, oder was dasselbe sagen will, die Dichte des Geflechtes durch den ganzen Darm hindurch nicht gleich. Ich habe in dieser Beziehung den Darm des Meerschweinchens untersucht, und hier glaube ich Folgendes constatiren zu können. Die Anfänge des Hauptgeflechtes hat man, wie es scheint, schon im Magen, und zwar am unteren Theile des Fundus zu suchen. Die in die Magenwand eintretenden Nerven bilden nämlich schon hier zwischen den Muskelschichten ein Nervengeflecht, das ziemlich unregelmässig ist und dessen Maschen einen mittleren Durchmesser von ungefähr 300 μ haben. Das Geflecht selbst enthält noch sehr wenig ganglióse Elemente. Man sieht nämlich in den Knotenpunkten' nur wenige Nervenzellen, manchmal nur eine einzige liegen; ja ich glaube sogar, dass sie an manchen Knotenpunkten gänzlich fehlen. In der Richtung nach dem Pylorus zu mehren sich jedoch die Ganglienzellen, und nehmen auch nach und nach granulirte Grundsubstanz zwischen sich auf, sie werden zu kleinen Ganglien. Diese rücken, je mehr man sich dem Pylorus nähert, unter ständigem Anwachsen immer näher zusammen, während die sie verbindenden Nervenfaserstränge an Breite noch nicht zugenommen haben. Ungefähr 2—3 Centimeter vor dem Pylorus fangen auch diese an in ihrer Breite zu wachsen und zwischen ihre einzelnen Fasern ganglióse Substanz aufzunehmen, so dass schliesslich ein Bild zu Stande kommt, wie es

Fig. 4 zeigt. Dieses sehr starke mit zahlreichen Ganglienzellen versehene Nervennetz setzt sich in das Duodenum noch 5—6 Centimeter weit fort. Von hier an werden nach und nach die Stränge wieder frei von Ganglienzellen; die Ganglien rücken wieder aus einander und zwar in longitudinaler Richtung, verbinden sich dagegen seitlich mit anderen in derselben Höhe liegenden Ganglien. Es entstehen auf diese Weise kleinere und grössere in die Quere gestreckte Ganglien, welche durch längsverlaufende Faserstränge verbunden sind, ein Bild, das schon oben als dem Dünndarm des Meerschweinchens charakteristisch erwähnt worden ist (Fig. 5). Dieses Bild erhielt sich durch den ganzen Dünndarm. Im Coecum jedoch ziehen sich die Maschen in die Länge, werden unregelmässiger und sehr weit, die Ganglien werden kleiner und die Stränge verlieren an Breite, so dass dies Geflecht dem des Dünndarms bedeutend an Dichte nachsteht. Den Unterschied zwischen beiden zeigt am deutlichsten ein Vergleich zwischen Fig. 5 und 6. Um jedoch auch Zahlen einander gegenüber stellen zu können, habe ich Messungen ausgeführt. Dieselben ergaben, dass im Durchschnitt die Maschen des Dünndarms etwa 450 μ lang und 180 μ breit sind, während die des Coecums eine Länge von 1200 μ, und eine Breite von 480 μ besitzen. Im übrigen Dickdarm ist ebenfalls die Regelmässigkeit der Maschen verloren gegangen; an die Stelle der rechteckigen Figuren sind vieleckige getreten. An Dichte dagegen bleibt das Geflecht, das nun bis zum Mastdarm nicht mehr seine Form verändert, dem des Dünndarms ziemlich gleich; es messen nämlich seine Maschen im mittleren Durchmesser circa 320 μ. Ueberblickt man nun noch einmal die wechselnden Formen, welche in dem Hauptgeflechte des Plexus myentericus vom Magen bis zum Mastdarm sich finden, so kann man leicht ersehen, dass seine Dichte sich ganz nach der Stärke der betreffenden Muskulatur richtet. Wir wissen ja, dass letztere im unteren Theil des Magens, am Pylorus und im Anfangstheil des Duodenums stärker entwickelt ist, und ferner, dass der Unterschied der Muskulatur zwischen Dünndarm und Dickdarm ziemlich unbeträchtlich ist, dass dagegen das Coecum nur eine sehr schwache Muscularis besitzt.

Ueber die Art und Weise, wie die Stränge zu den Ganglien in Beziehung treten, geben ebenfalls Präparate vom Meerschweinchen den besten Aufschluss. Hier sieht man nämlich ganz deut-

lich, dass die Stränge mit ihrer Hauptmasse die Ganglien nicht durchsetzen, sondern ihnen nur anliegen, mögen sie an ihrer Seite, oder über oder unter ihnen weg verlaufen. Während dieses Verlaufs sieht man öfter feinste Nervenfasern, immer 2—3 zusammen, aus der Gangliensubstanz in die Stränge eintreten. Sobald zu einem der hier im Dünndarm des Meerschweinchens, wie schon erwähnt, fast nur querliegenden Ganglien ein Strang tritt, theilt er sich an dessen Rande gewöhnlich in 2 Theile. Der eine derselben biegt mit einem rechten Winkel seitlich die Gangliensubstanz begrenzend in die Querrichtung um, und geht dann in dieser fort bis zum nächsten Ganglion, wo er in derselben Weise zum zweiten Male einen rechten Winkel bildet, um wieder in der Längsrichtung weiter verlaufen zu können. Der andere Theil geht schräg über oder unter dem Ganglion weg, um am andern Rande mit einem zweiten Componenten wieder einen Strang zu bilden, der in der Längsrichtung des Darmes weiter verläuft: Sehr oft sieht man auch, dass beide Theile divergirend schräg von einem zum andern Rand des Ganglion verlaufen, um sich hier wieder mit je einem Componenten zu Strängen zusammenzusetzen. In letzterem Falle sieht man dann ziemlich häufig, dass der eine Theil unter, der andere über dem Ganglion verläuft. Alle diese Verhältnisse erläutert Fig. 7. Nicht selten schieben sich die Zellen der Ganglien zwischen die auseinandertretenden Theile der Stränge ein, so dass mitunter der ganze mittlere Theil eines Stranges zwischen zwei Ganglien mit Zellen und granulirter Grundsubstanz ausgefüllt ist. Viel seltner sieht man in einem Strang eine einzige gar nicht mit Gangliensubstanz in Zusammenhang stehende Zelle liegen.

Ein eigenthümliches Bild gewähren die Stränge des Kaninchens. Diese sind, rücksichtlich der Gruppirung der einzelnen Fasern, gerade so, wie die des Meerschweinchens zusammengesetzt; es fehlen also die Specialbündel. Man sieht nun an Carminpräparaten im Centraltheil eines Stranges rundliche Gebilde reihenweise angeordnet (Fig. 8). Dieselben lassen isolirt kurze, fadenförmige diametral gegenübergestellte Fortsätze erkennen, ähnlich den Körnern der äusseren Körnerschichte der Retina, oder denen der Kleinhirnrinde, mit welchen auch ihre Grössenverhältnisse ziemlich übereinstimmen. Sie messen 4,5 μ. Bei stärkeren Strängen sieht man nicht selten zwei solcher Reihen von Körnern neben einander verlaufen. Bei anderen Thieren,

ausser dem Feldhasen, wo sie jedoch nicht ganz so regelmässig angeordnet sind, liessen sich diese auffallenden Bildungen nicht nachweisen.

Ausser dem Hauptgeflecht besteht der Plexus myentericus noch aus einem secundären Geflechte. Dieses wird von den feineren 1—5 μ breiten Strängen gebildet, deren jeder sich aus 3—6 feinsten Nervenfibrillen, welche von einer kernhaltigen Scheide umhüllt sind, zusammensetzt. Am besten lässt sich dieses secundäre Netz mit Goldchlorid sichtbar machen. Da diese Methode auch zur Darstellung des Hauptgeflechtes sehr gute Dienste leistete, so will ich kurz angeben, in welcher Weise sie angewandt wurde. Nachdem man nämlich die Häutchen 3—4 Tage in einer sehr verdünnten Lösung von doppeltchromsaurem Kali etwa 1 : 300 hatte liegen lassen, wurden sie in eine Goldchloridlösung von 1 : 10,000 übertragen, und hierin gelassen, bis sie an den Rändern eine schwach violette Färbung zeigten. Dies darf jedoch, wenn die Concentration der Goldchloridlösung richtig, und ausserdem kein Fehler gemacht ist, nicht länger als 6—8 Stunden dauern, weil sonst sich das ganze übrige Gewebe mitfärben würde. Hierauf werden die Häutchen tüchtig ausgewaschen, in Alkohol entwässert und in Canadabalsam eingeschlossen. Auf diese Weise erhält man die Präparate bald stärker, bald schwächer tingirt. Im ersteren Falle haben sich auch die Ganglien tief schwarz gefärbt, während im letzteren in den Ganglien die Ganglienzellen als kleine stärker tingirte Stellen sichtbar sind, in denen nicht selten die Kerne ganz ungefärbt bleiben, so dass das Ganglion ein ganz eigenthümliches Aussehn erhält. Leider kann man bei dieser Methode nicht immer auf Erfolg rechnen, indem nicht selten aus irgend einem unbekannten Grunde die Tinction gänzlich misslingt. Man soll sich daher durch anfängliche Misserfolge nicht abschrecken lassen.

An gelungenen Präparaten sieht man nun, dass die feinen Nervenstämmchen des secundären Netzes theils aus den Ganglien, theils aus den grösseren Strängen entspringen, dass sie sowohl in longitudinaler als auch in transversaler Richtung verlaufen. Indem sie nun bald die zunächstliegenden Stränge des Hauptgeflechtes, bald die von einander entfernteren verbinden, hier über, dort unter den übersprungenen weglaufend und auf ihrem Wege vielfach mit den Stämmchen der andern Richtung anastomosirend, kommt ein Maschenwerk zu Stande, welches

das des Hauptgeflechtes innig durchzieht. Die Maschen des letzteren erhalten dadurch ein gegittertes Aussehn (Fig. 3); jedoch darf man sich hiedurch nicht verleiten lassen zu glauben, dass die Maschen des secundären Netzes lauter rechtwinklige Figuren darstellen. Man sieht nämlich bei starker Vergrösserung, dass an vielen Punkten die in verschiedener Richtung verlaufenden Stämmchen nicht mit einander anastomosiren, wie es bei schwacher Vergrösserung den Anschein hat, sondern sich nur kreuzen. Nicht selten sieht man, besonders beim Meerschweinchen auch zwei in derselben Höhe liegende Ganglien durch ein Stämmchen des zweiten Netzes verbunden, wie dies Fig. 5, a zeigt. Mitunter gehen viele dieser feineren Stämmchen auch von Ganglien ab, welche nur auf einer Seite, sei es durch eigene Substanz, sei es durch einen Strang mit dem Hauptgeflecht zusammenhängen. Ganglien aber, welche nur feinere Stämmchen ausschicken, also nur indirect durch diese mit dem Hauptgeflecht verbunden wären, gibt es nicht. Einem ähnlichen Wechsel an verschiedenen Stellen des Nahrungsschlauches, wie das Hauptgeflecht, ist dieses secundäre nicht unterworfen; es trägt vielmehr überall denselben Charakter.

Was nun die Frage nach den letzten Nervenendigungen in der Muskulatur betrifft, so beschränkt sich das Wenige, was ich hierüber anzugeben habe, auf Folgendes. Von einem Nervenstämmchen des zweiten Netzes gehen feinste Nervenfasern ab, von denen jede, wie man in günstigen Fällen beobachten kann, sich in ein Körperchen fortsetzt, das wieder ein oder zwei Fortsätze ausschickt (Fig. 9). Im ersten Falle wird dasselbe eine spindelförmige, im letzten eine mehr dreieckige Form besitzen, da ja ausser der hinzutretenden Nervenfaser noch 2 Fortsätze von ihm abgehn. Diese lassen sich nur eine kurze Strecke verfolgen, da sie sich alsbald zwischen den glatten Muskelfasern verlieren. Die Grösse eines solchen spindelförmigen Körperchens beträgt im längeren Durchmesser 10 μ im kürzeren 5 μ, während der mittlere Durchmesser eines dreieckigen ungefähr 7 μ gross ist.

Ueber das Verhalten der Gefässe zum Plexus myentericus ergaben Injectionen, welche zu diesem Zwecke beim Meerschweinchen gemacht wurden, folgenden Aufschluss. Jedes Ganglion ist von einem dichten Gefässnetz umgeben. Die Stränge des Hauptgeflechtes werden fast immer auf der einen, oft auch auf beiden Seiten von einem kleinen Gefässe begleitet.

In Betreff der Frage, mit welchen Nerven der Plexus myentericus in Zusammenhang steht, habe ich den Angaben von *Auerbach* nichts Neues hinzuzufügen.

Vorliegende Arbeit wurde im physiologischen Institut zu Leipzig unter Leitung des Herrn Professor *Schwalbe* gemacht, dem ich für seine freundliche Unterstützung zum wärmsten Danke verpflichtet bin.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Zellen aus den Ganglien des Plexus myentericus. *a.* Multipolare Ganglienzellen. *b.* Multipolare Ganglienzellen, an welchen noch ein langer ungetheilter Fortsatz erhalten geblieben ist. *c.* Zwei Zellen, deren Ausläufer mit einander anastomosiren. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 7.

Fig. 2. Ein breiterer Strang des Hauptgeflechtes bei der Taube. Carminpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 7.

Fig. 3. Primäres und secundäres Geflecht des Plexus myentericus aus dem Dünndarm des Kaninchens. Goldpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 4.

Fig. 4. Hauptgeflecht aus dem Anfangstheil des Duodenums des Meerschweinchens. Goldpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 4.

Fig. 5. Hauptgeflecht aus dem Dünndarm des Meerschweinchens. *a.* Stränge des secundären Geflechtes. Goldpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 4.

Fig. 6. Hauptgeflecht aus dem Coecum des Meerschweinchens. Goldpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 4.

Fig. 7. Ein Ganglion aus dem Dünndarm des Meerschweinchens. Carminpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 7.

Fig. 8. Ein Strang des Hauptgeflechtes aus dem Dünndarm des Kaninchens. Carminpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 7.

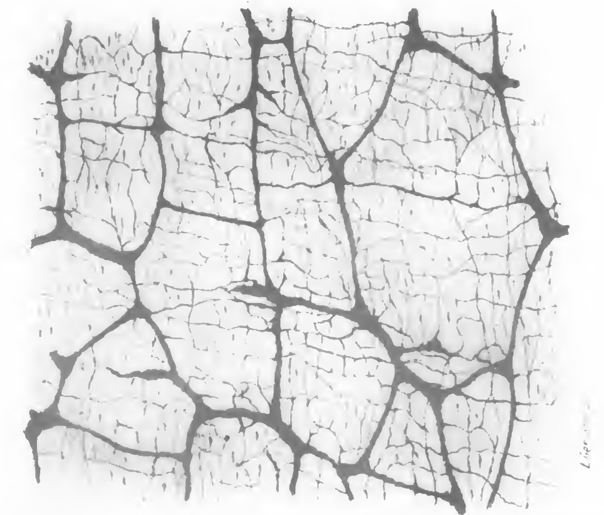
Fig. 9. Ein Stämmchen des secundären Netzes mit terminalen Körperchen und deren Ausläufern. Carminpräparat. *Hartnack.* Oc. III. Syst. 7.

Fig. 1

Fig. 2



Fig. 3



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1873. Zur Abhandlung v. L. Gerlach.

Dr. Luigi Luciani, *Eine periodische Function des isolirten Froschherzens.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Einleitung.

Apparat und Versuchsanordnung. Uebersicht über die erhaltenen Resultate.

Die Ligatur des Froschherzens an der oberen Grenze des Hohlvenensinus, oder an irgend einem Orte unterhalb, bis in die Gegend der Furche zwischen Kammer und Vorhöfen bringt die abgeschnürten Herztheile sogleich zum Stillstande in Diastole (*Stannius*). Das Herz, welches durch solche Behandlung bewegungslos geworden war, wollte ich benützen, um auf Grund der von *Bowditch*[1]) an der isolirten Herzkammer erhaltenen Resultate die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit des mit Vorkammerresten verbundenen Ventrikels weiter zu studiren. Ich begann daher meine Arbeit unter denselben Versuchsbedingungen wie mein Vorgänger, mit den gleichen Apparaten und Methoden.

Schon bei den ersten Versuchsproben — welche ich im Anfange des verflossenen Juni angestellt habe — wurde ich durch ein überraschendes, prägnantes Phänomen gefesselt. — Wenn man um die Vorhöfe eines Froschherzens, in dessen Ventrikel durch den sinus venosus eine Canüle eingeführt worden ist, den Unterbindungsfaden schnürt, darauf das vom Thiere getrennte Herz mit Serum füllt und mit einem kleinen registrirenden Manometer verbindet, so zeigt sich anstatt der langen Ruhe, in welcher nach dem einfachen Verfahren von *Stannius* das Herz verharrt, eine lange Reihe von Bewegungen, welche in höchst charakteristischer Folge verlaufen.

---

1) Berichte der math.-phys. Classe der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Bd. 23, 1871, S. 652 ff.

Dieses interessante Factum, von welchem ich den Leser unterhalten will, wurde der Hauptgegenstand meiner weiteren Untersuchungen.

Aber zum wissenschaftlichen Studium der neuen Art von Herzthätigkeit, welche zur Erscheinung kam, erwies sich der Apparat von *Bowditch* nicht mehr genügend. Für unseren Zweck mussten folgende Bedingungen erfüllt sein:

1) Während der Diastole muss Füllung und Druck im Herzen stets constant bleiben;

2) die Höhe, auf welche das Quecksilber im Manometer durch das sich contrahirende Herz gehoben wird, muss proportional sein der Menge von Flüssigkeit, welche das Herz austreibt.

Der ersten Anforderung genügte vollkommen die schon von *Bowditch* angewendete Mariotte'sche Flasche, welche mit Serum gefüllt vermittelst eines Glasrohres mit der Herzcanüle communicirte. Hierdurch wurde beständig das Serum ersetzt, welches etwa durch die Herzwandungen filtrirt war, und somit eine Verminderung der Herzfüllung verhütet. Aber dem zweiten oben formulirten Postulate entsprach der magnetische Hahn von *Bowditch* nicht. Denn dieser schliesst und öffnet in bestimmten Intervallen die Verbindung zwischen der Mariotte'schen Flasche und dem Herzen. Nothwendig aber ist, damit die Herzcontractionen unverkürzt im Manometer zum Ausdruck kommen, dass während der ganzen Dauer der Systole der Weg zur Druckflasche abgesperrt bleibe. In den Versuchen von *Bowditch* verursacht jeder Reiz Herzsystole und gleichzeitig Hahnschluss; aber die automatischen Herzbewegungen, welche niemals mit vollständiger Regelmässigkeit verlaufen, coincidiren nicht mit dem rhythmischen Spiele des elektrischen Hahnes. In der That zeigen die Curven, welche ich mit Hilfe des genannten Apparates erhielt, Unregelmässigkeiten in den Erhebungen, welche unverkennbar davon abhängen, dass die spontanen Pulse nicht immer in Momenten erfolgen, in welchen der Hahn geschlossen ist, sondern häufig, während das Serum noch theilweise freien Rückfluss zum Mariotte'schen Behälter hat. Man musste daher auf Mittel sinnen, damit zu jeder Zeit während der Herzsystole die Flüssigkeit verhindert werde, zurück zu fliessen und in ihrer Gesammtheit der Hebung der Flüssigkeitssäule im Manometer diene. Dieses Problem ist in fast vollkommner Weise durch ein Klappen-

ventil gelöst, welches von *Lovèn* für andere Zwecke vorgeschlagen war.

Um die Art seiner Wirksamkeit zu erklären, ist es nothwendig, eine kurze Beschreibung des ganzen Apparates, welcher für meine Untersuchung diente, vorauszuschicken. Eine Abbildung desselben findet sich als Fig. 1 auf der folgenden Seite. An ihm sind mehrere Theile zu unterscheiden:

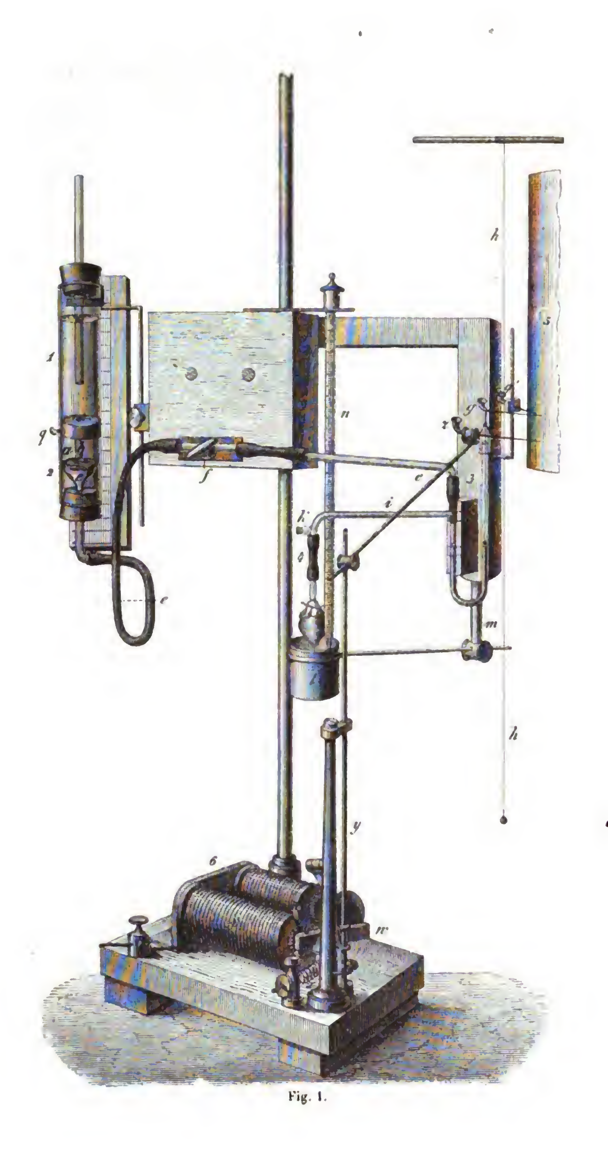


Fig. 1.

1) Behältniss des Serum, geschlossen nach Art einer Mariotte'schen Flasche, um die Füllung und den Druck im Herzen während des Experimentes constant zu halten. Hinter demselben ist eine Millimeter-Scala angebracht, um das Niveau der Flüssigkeit zu reguliren.

2) Das Klappenventil. Es besteht aus einem Glascylinder *a*, welcher mit dem darüber befindlichen Gefässe vermittelst des kleinen Rohres *b* communicirt, und aus einem kleinen Glasbecher *c*, über dessen Rand ein Stück Goldschlägerhaut gespannt ist, in der Weise, dass sie bei Vermehrung und Verminderung des Druckes von innen sich leicht hebt und senkt. Die Membran ist an einer Stelle des Randes fein durchbohrt, um die äussere Flüssigkeit mit der innerhalb des Bechers und des Rohres, in welches er übergeht, in Verbindung zu setzen. Der Stöpsel *q* schliesst ein Loch, welches in der Höhe des oberen Randes des Cylinders *a* dessen Wand durchsetzt und dazu dient, die Luft entweichen zu lassen, während das Gefäss mit Serum gefüllt wird.

3) Das registrirende Manometer für Froschherzen hat einen lichten Durchmesser von 2 Millimeter. Er communicirt mittels einer Röhrenleitung *e*, welche aus Glas und Kautschukstücken besteht, mit dem Ventile, und, wenn die Klappenmembran niedergefallen ist, mit der Mariotte'schen Flasche. Der Hahn *f* dient, um diese Verbindung nöthigenfalls aufzuheben. Die Beschreibung des Schreibapparates kann ich, weil sie schon früher in diesen Berichten gegeben ist, unterlassen. Die Feder *g'* schreibt die Abscisse, welche dem Drucke 0 entspricht.

4) Die Canüle, auf welche die Vorhöfe des Froschherzens gebunden sind, steht mit dem Manometer mittels des gebogenen Rohres *i* in Verbindung. Der Stöpsel *k* schliesst eine Oeffnung, durch welche eine unpolarisirbare Electrode eingeführt werden kann, wenn man das Herz elektrisch reizen will. Das Gefäss *l* wird mit Serum gefüllt und an dem Führungsstabe *m* verschoben, um das Herz zu bedecken und es vor der umgebenden Luft völlig zu schützen. In dieses Gefäss kann, nach Bedürfniss, die zweite Electrode eingesenkt werden, ebenso ein Thermometer *n*, in $^1/_5$-Grade getheilt, welches dazu dient, die gewöhnliche Temperatur des Serum und die Veränderung derselben bei künstlicher Erwärmung und Abkühlung während der Experimente zu beobachten.

5) Ein Stück der Trommel des Kymographium.

6) Der Zähler, welchen *Bowditch* construirt hat, markirt unter den Pulscurven die Intervalle (gewöhnlich 2 Secunden), welche durch das in der Arbeit des ebengenannten Autors beschriebene Uhrwerk regulirt werden.

Es verdient die Function des Klappenventils, dessen Anwendung auf solche Experimente im Wesentlichen neu ist, etwas genauer erklärt zu werden. — Während das Herz unthätig ist, wird die Ventilmembran von der Flüssigkeit in der Mariotte'schen Flasche niedergehalten, so dass freier Zufluss zum Herzen besteht. Unter diesen Verhältnissen muss also die Quecksilbersäule im offenen Schenkel des Manometers so lange steigen, bis sie der Serumsäule in der Flasche das Gleichgewicht hält. Hieraus ergiebt sich, dass man den Druck, unter welchem der Herzinhalt während der Ruhe steht, ebensowohl durch den Niveauunterschied im Quecksilbermanometer, als durch die Höhe des Serumniveau in der Mariotte'schen Flasche messen kann. Hierzu ist natürlich jederseits noch die Serumsäule zu addiren, welche über dem Herzen in dem senkrechten Rohre steht, das von der Verbindung zwischen der Mariotte'schen Flasche und dem Manometer abbiegt.

Bei Beginn der Systole wird durch den vermehrten Druck die Ventilmembran sogleich gehoben und schliesst die nahe Oeffnung des Röhrchens *b*, so dass die Communication zwischen dem Serumbehälter und dem Herzen unterbrochen wird. So muss das vom Herzen ausgetriebene Serum vollständig in das Manometerrohr treten. Es ist einleuchtend, dass man um so vollkommener den wahren Herzdruck aufgeschrieben erhält, je sorgfältiger man das Klappenventil eingestellt hat. Sobald in Folge der Diastole des Herzens die Quecksilbersäule unter das Niveau gesunken ist, auf welchem sie zuvor der Flüssigkeit in der Mariotte'schen Flasche das Gleichgewicht gehalten hatte, öffnet sich das Ventil. Von diesem Momente ab bleibt die auf die Trommel verzeichnete diastolische Druckhöhe constant, unabhängig von jeder ferneren Erweiterung des Herzens. In zwei Fällen aber wird der Apparat im Stande sein, auch diastolische Schwankungen, welche unterhalb der jeweiligen Abscissenaxe liegen, zu zeichnen:

1) wenn das Herz in einem tetanischen Zustande verharrt, welchen die Systolen und die Diastolen nur vermehren und ver-

mindern. Es bleibt in diesem Fall durch den beständig erhöhten Druck auch während der Diastole das Ventil geschlossen und es wird die diastolische Excursion ebenso wie die systolische verzeichnet;

2) wenn ein gewöhnlicher diastolischer Abfall so schnell erfolgt, dass das Ventil noch geschlossen ist, während die Quecksilbersäule die Gleichgewichtslage bereits durchlaufen hat, so kann diese für ein Moment unter die Linie des diastolischen Druckes fallen, um dann sogleich von der freigewordenen Serumsäule in der Mariotte'schen Flasche wieder auf das normale Niveau gehoben zu werden.

Aus diesen Gründen ist unsere Vorrichtung nicht geeignet, den ganzen Umfang der diastolischen Bewegung zu messen, und wir werden daher unser Hauptaugenmerk auf die Betrachtung der Vertheilung und Grösse der systolischen Erhebungen richten.

Das freigelegte Herz wird nach oben zurückgelegt, die kleine Bindegewebsbrücke, welche in der Mitte der hinteren Ventrikelfläche das viscerale Pericardiumblatt mit dem parietalen verbindet, durchtrennt; durch einen Schnitt in die cava inferior die Glascanüle durch den sinus geführt, so dass die Spitze derselben in die Ventrikelhöhlung reicht; durch eine um die Vorhöfe gelegte Ligatur, welche den bulbus aorticus mit fasst, wird die Canüle fixirt und das Herz nun oberhalb der Ligatur vom Thiere gelöst. Hierauf wird durch das Röhrchen das Herz völlig mit Serum gefüllt und mit dem Apparate verbunden. Um den wichtigen Punkt aufzuklären, wie die Herzaction von dem Orte der Ligatur abhängt, versieht man das untere Ende der Canüle (Fig. 2) mit dünnen Metallringen von 2 — 3 mm Höhe, und kreisförmigem Querschnitt; die Ringe sind durch die transparenten Vorhofswandungen leicht erkennbar und gestatten in Distanzen von 2 zu 2 mm Unterbindungen vorzunehmen. Um den Ort der Unterbindung zu bestimmen, wird die Entfernung desselben vom sulcus angegeben.



Fig. 2. Canüle zur Unterbindung des Vorhofes.

Die gerade Canüle ist nicht anwendbar, wenn es sich darum handelt, die Ligatur von *Stannius* an der Mündungsstelle des sinus venosus in das rechte atrium einzuführen. Es muss dann eine passende Krümmung der Canüle dem Wege durch den sinus in die Herzkammern entsprechen (Fig. 3). Das Präparationsverfahren ist in so weit von dem früheren verschieden, als hier der bulbus aorticus gesondert abgebunden und oberhalb der Ligatur abgeschnitten werden muss, bevor der Faden an die Grenze des sinus geführt wird, durch welchen die Canüle im Herzen befestigt werden soll.



Fig. 3. Canüle zur Unterbindung der Grenze des sinus venosus.

Die Resultate, welche mit Hilfe der beschriebenen Anordnungen und Präparationsverfahren gewonnen sind, bieten keine wesentlichen Verschiedenheiten, an welchem Orte immer die Ligatur gemacht worden, und lassen sich daher unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte beschreiben.

Das wichtigste Factum, welches meine Tafeln offenbaren, ist, dass die Herzpulse nicht in regelmässiger ununterbrochener Reihe in gleichen Intervallen folgen, sondern in Gruppen geordnet sind, zwischen welchen sich lange Pausen einschieben. Das Herz hat also die Fähigkeit eingebüsst, in normaler Weise zu fungiren, und hat sich einen neuen periodischen Bewegungsmodus angeeignet. Dies ist eine neue Art von Rhythmus, »der periodische Rhythmus«, welcher also neben dem bekannten »pulsatorischen« seinen Platz findet. Dieser ist charakterisirt durch Herzcontractionen, welche in kurzen Intervallen einander folgen, jener durch Gruppen von einer Anzahl Contractionen, denen eine lange Pause folgt, welche häufig mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die einer Gruppe.

Das Facsimile, welches durch Fig. 4 (s. folg. Seite) dargestellt ist, wird eine deutliche Idee geben von dem charakteristischen Vorgange, welchen ich kurz das Phänomen der Perioden nennen will.

Bevor ich auf die Beschreibung der Sondererscheinungen der Perioden eingehe, will ich gleich veranschicken, dass ein Herz nur sehr selten vom Beginne des Experimentes bis zur Erschöpfung während einer Zeit, welche bis über Stunden sich ausdehnen kann, den periodischen Rhythmus beibehält.

In den weitaus meisten Fällen lassen sich auf den Curventafeln drei Phasen unterscheiden, indem der periodischen Thätigkeit ein Stadium vorangeht, welches im Allgemeinen kurz und mit besonderen Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet das »Anfallsstadium« heissen mag, und ihr ein drittes ebenfalls wohl charakterisirtes »Stadium der Krise« folgt.

Den »Anfall« bildet im Allgemeinen eine längere Gruppe von Contractionen, welche anfänglich sehr häufig, allmälig seltner werden. Diesen folgt eine lange Pause, die meist von isolirten seltenen Contractionen unterbrochen wird. Die Krisis stellt sich dar als einen aufgelösten Pulsverlauf. Statt des periodischen Rhythmus erscheinen wieder vereinzelte Pulse, welche jedoch immer viel seltner und schwächer als die normalen sind und um so mehr, je näher das Herz der völligen Erschöpfung rückt. Die Dauer der Krisis ist sehr verschieden, im Allgemeinen um so grösser, je kürzer die Phase der Perioden gewesen, und umgekehrt desto kleiner, je längeren Verlauf das periodische Stadium genommen hat.

Die drei erwähnten Phasen: Anfall, Perioden und Krisis, sind trotz ihrer charakteristischen Merkmale nicht immer scharf von einander getrennt, sondern decken sich sogar zuweilen theilweise, und geben sehr eigenthümliche Bilder. In solchen Fällen sind die ersten Pausen von einer oder zwei Contractionen unterbrochen, in ähnlicher Weise wie sie am Ende des Anfalles sich finden, und ebenso schieben sich häufig zwischen die

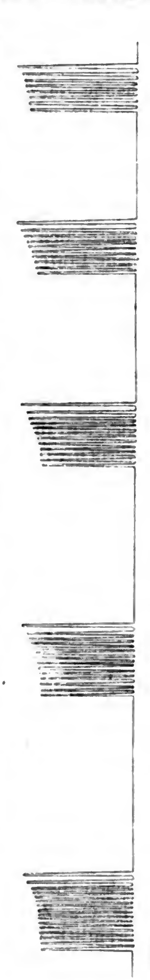


Fig. 4. Periodischer Rhythmus. Fünf Perioden, regelmässig wachsend in Bezug sowohl auf die Anzahl der Contractionen in je einer Gruppe, als auch auf die Dauer der Pausen. Die Punkte auf der Abscisse in dieser und den folgenden Figuren bezeichnen Abstände von 10 Secunden.

letzten Gruppen einzelne Contractionen, welche in ähnlicher Sonderstellung im Stadium der Krise sich finden. Diese Erscheinung tritt so häufig auf, dass diese gesonderten Contractionen als Vorläufer einer bevorstehenden Krise gelten könnten.

Es mag gleich hier hervorgehoben werden, dass die Perioden zuweilen unmerklich in die Krise übergehen, und dieser einen Charakter verstümmelter Periodicität der Pulse verleihen. Endlich finden sich einzelne Tafeln, auf denen keine Pause ohne isolirte Contraction verläuft, und andere Zeichnungen, wo manche Pausen jene Einzelpulse enthalten.

Aus den obenstehenden Beschreibungen leuchtet ein, dass zwischen den drei Phasen keine principielle Unterscheidung statthaben kann. Nichts steht im Wege, den Anfall als eine Periode zu betrachten, deren Charaktere auch spätere Perioden annehmen können. Ebenso kann die Reihe isolirter Contractionen, mit welchen häufig der Anfall endigt, als eine versuchte Krisis oder ein zurückkehrender normaler Herzrhythmus angesehen werden. Die gegebene Unterscheidung der drei Phasen dürfte daher nicht auf strenge Giltigkeit Anspruch machen.

Nach dieser allgemeinen Uebersicht wollen wir die Vorgänge in chronologischer Folge betrachten, und daher mit der Phase des Anfalles beginnen, welche die meisten Verschiedenheiten bietet.

Erster Theil.

Wirkung der Ligatur und des Serum auf das Herz.

Wir haben schon erwähnt, was wir unter Anfall verstehen. In der ausgesprochensten Form stellt er eine deutliche Gruppe von sehr schnellen und häufigen Contractionen dar, welche allmälig seltener werden, bis eine lange Pause, von isolirten Contractionen unterbrochen, sich anschliesst (Fig. 5). In anderen Fällen gehen die seltenen Contractionen allmälig in die isolirten über (Fig. 6). Zuweilen unterscheidet sich die Anfallsgruppe nicht wesentlich von den anderen Gruppen, wenn nicht durch die grössere Länge der Gruppe und der Pause. Auf vielen Tafeln fehlt ein grösseres oder kleineres Stück von dem Anfang der

Anfalls-Phase, weil das Herz in dieselbe seit längerer oder kürzerer Zeit eingetreten war, bevor es seine Arbeit aufzuschreiben Gelegenheit hatte.

Die beschriebenen Phänomene weisen deutlich darauf hin, dass der Anfall einer Störung des bereits eingeleiteten periodischen Rhythmus seine Entstehung verdankt. Die speciellen Bedingungen für solche Modificationen wollen wir näher bestimmen.

Es ist sehr wichtig, die Höhenlinie der Anfallsgruppe zu betrachten. Hier haben wir ebenso in die Augen springende, als einander widersprechende Befunde zu verzeichnen. In vielen Fällen beobachtet man deutlich, dass der Anfall mit sehr hohen Contractionen beginnt, welche anfangs schnell abnehmen, dann merklich gleich bleiben bis zum Ende der Gruppe. Die Linie des Abfalles ist gewöhnlich eine Curve von der ungefähren Form einer Hyperbel, als deren Asymptote die Abscisse gelten kann (Fig. 5). Die in solcher und ähnlicher Weise fortschreitende Abnahme der Pulshöhen habe ich die »absteigende Treppe« genannt.

Aber häufiger sind mir Anfallsgruppen begegnet, welche mit sehr kleinen Contractionen begannen und gradatim wachsen, so dass die Verbindungslinie der oberen Höhenpunkte eine in verschiedener Steilheit aufsteigende Curve darstellt, deren Convexität der Abscisse zugewendet ist (Fig. 6 auf folg. Seite). Zuweilen ist die genannte Verbindungslinie nahezu eine gerade.

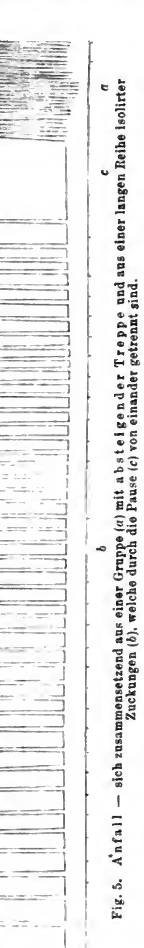


Fig. 5. Anfall — sich zusammensetzend aus einer Gruppe (a) mit absteigender Treppe und aus einer langen Reihe isolirter Zuckungen (b), welche durch die Pause (c) von einander getrennt sind.

Solche und ähnliche Formen der Pulsreihen, welche ein gradweises

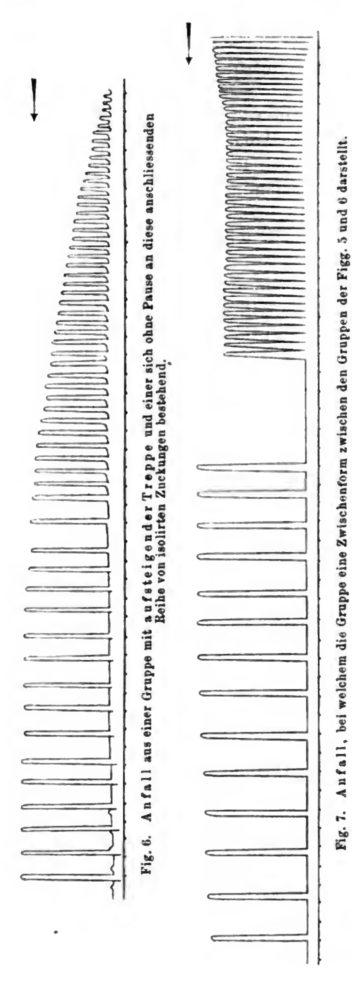


Fig. 6. **A n f a l l** aus einer Gruppe mit **a u f s t e i g e n d e r T r e p p e** und einer sich ohne Pause an diese anschliessenden Reihe von isolirten Zuckungen bestehend.

Fig. 7. **A n f a l l**, bei welchem die Gruppe eine Zwischenform zwischen den Gruppen der Figg. 5 und 6 darstellt.

Wachsen der Excursionen der Herzcontractionen anzeigen, werden wir als »a u f s t e i g e n d e T r e p p e« bezeichnen, ohne damit aussprechen zu wollen, dass die hier abzuhandelnde Erscheinung analog der Treppe von *Bowditch* sei.

An diese zwei extremen und vorzüglichen Gestaltungen der Anfallsgruppe schliessen sich Uebergangsformen verschiedenster Art (Fig. 7).

Ein absonderlicher Typus von Pulsen, der gar nicht selten zum Vorschein kommt, verdient eine besondere Beschreibung. In diesem Falle zeigt die Verbindungslinie der tiefsten Punkte und mehr noch die der Höhenpunkte der Pulscurven bizarre Unregelmässigkeiten. Erhebungen von verschiedenster Grösse folgen einander in buntem regellosem Wechsel (Fig. 8).

Diese b i z a r r e Form der Gruppen steht in Zusammenhang mit peristaltischen Bewegungen des Herzens.

Zuweilen werden im Verlaufe einer Anfalls-

gruppe die bizarren Pulse von regelmässigen abgelöst, welche eine aufsteigende Treppe darstellen (Fig. 9). Dies bedeutet, dass die Herzbewegungen anfangs peristaltisch waren, sodann einheitlich geworden sind.

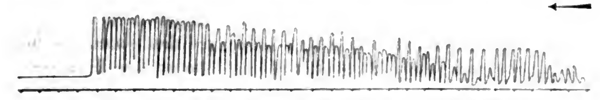


Fig. 8. Anfall mit bizarrer Form der Gruppen, in welchen jedoch eine aufsteigende Treppe zu erkennen ist.

In der Phase der Perioden zeigen die Gruppen im Allgemeinen die gleichen typischen Formen, obwohl weniger ausgesprochen, wie wir sie in der Anfallsphase wahrgenommen haben. Alles dieses bestätigt unsere Annahme, dass der Anfall nichts anderes ist, als die erste Periode, welche durch Einflüsse, die wir nun betrachten wollen, gestört ist.

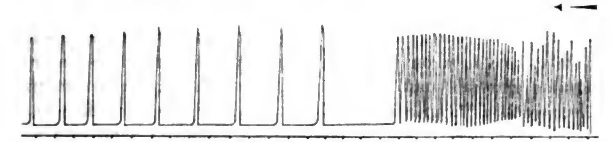


Fig. 9. Anfall, bei welchem die erste Hälfte der Gruppe bizarre, die zweite regelmässige Formen zeigt.

Zwei hauptsächliche Agentien sind es, die man zunächst als Urheber der Eigenheiten ansehn muss, welche den Anfall vor den folgenden Gruppen auszeichnen: die mechanische Wirkung der Ligatur der Vorhöfe und der Anfangseffect des Serum, welches das Herz erfüllt und umspült. Unsere Aufgabe ist es demnach, jede dieser Wirkungen gesondert zu bestimmen und danach die resultirenden der verbundenen.

Was den Effect der Vorhofsunterbindung an einem beliebigen Orte zwischen Mündung oder Grenze des sinus venosus bis zur Gegend der Ventrikelfurche betrifft, so ist es eine seit der im Jahre 1852 publicirten Abhandlung [1]) von *Stannius* bekannte und

1) *Müllers* Archiv 1852, p. 85 ff.

unbestrittene Thatsache, dass das Herz darauf sogleich oder öfters nach einigen Schlägen still steht. Den gleichen Erfolg konnte ich feststellen, wenn die Ligatur applicirt wurde, nachdem die Canüle in den Ventrikel eingeführt worden war. Einen von dem bisher beschriebenen wesentlich verschiedenen Effect habe ich jedoch erhalten, wenn ich den Unterbindungsfaden um die dem sulcus benachbarten Stellen der Atrien oder in den sulcus selbst legte. *Stannius* fand, dass eine solche Ligatur das Herz nicht zum Stillstande bringt, sondern nur die Kammerpulsationen verlangsamt, während die Vorhofspulse ihren Rhythmus beibehalten. Im Gegensatz zu dieser Angabe habe ich unmittelbar nach der Unterbindung einen wahren systolischen Stillstand oder Tetanus des Ventrikels wahrgenommen. Diese Differenz muss zum grossen Theile dem Unterschied der Methoden zugeschrieben werden.

Bei den Unterbindungen von *Stannius* blieb der vom Blute ausgedehnte Ventrikel geschlossen und war demnach verhindert, sich tetanisch zusammenzuziehen, so dass ihm nur die Möglichkeit übrig war, kleine Pulsexcursionen auszuführen. Um die Wirkung der Unterbindung von diesem störenden Zusatz befreit festzustellen, wurde dieselbe an einem Herzen vorgenommen, welches schon zuvor von 4 — 5 mm oberhalb des sulcus unterbunden gewesen und schon mit Serum gefüllt gearbeitet hatte. Die zweite 2 mm unterhalb angelegte Ligatur, welche allein bestehend das Herz in keinen wesentlich anderen Zustand versetzt haben würde, als die erste Ligatur gethan, musste den Effect des Actes der Ligatur kund thun. Dieser ist nun constant der folgende.

Jede Ligatur bewirkt eine tetanische Contraction des Herzens, welche sich von dem gewöhnlichen Tetanus der Muskeln durch charakteristische Eigenthümlichkeiten unterscheidet. Fig. 10 zeigt die typische Form der Curve, welche das Herz vermittelst des Manometers aufschreibt, unmittelbar nachdem es an beliebigen Orten der Vorhöfe unterbunden worden ist. Ohne vorerst über die Bedeutung dieser Contractionsform eine Ansicht aufzustellen, will ich dieselbe Herztetanus oder tetanischer Anfall des Herzens nennen.

Abgesehen davon, dass die tetanische Erhebung um Vieles die Höhen der zuletzt vorhergegangenen Gruppen übertrifft und von einer langen Dauer ist (bis 9 Minuten 30 Secunden), zeigt sie eigenthümliche Oscillationen in der Gestalt von Einzelpulsen,

welche anfangs sehr häufig und wenig ausgiebig sind, allmälig seltener und grösser werden. Die Verbindungslinien der Systolenenden und die der Diastolenenden stellen regelmässige Curven dar, deren Convexität der Abscisse zugekehrt ist. In dem vorgelegten Beispiele hören die Einzelpulse mit dem Tetanus auf, es folgt eine lange Pause und hierauf ein langer periodischer Verlauf, bevor die Krisis eintritt. In anderen häufigeren Fällen setzen sich die Einzelcontractionen nur auf den Anfangstheil der Tetanuscurve auf, während das Ende derselben völlig frei davon ist.

Mehrfach geben sich auch während des Verlaufes einer Tetanuscurve die Perioden zu erkennen, so dass Einzelcontractionen mit Pausen abwechseln, während die Tetanuscurve ihren stetigen Verlauf nimmt (Fig. 11).

Das Verhältniss der Anfangshöhe des Tetanus im Verhältniss zu den benachbarten Einzelpulsen ist sehr wech-

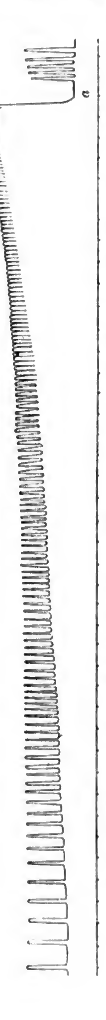


Fig. 10. Tetanischer Anfall nach späterer Unterbindung des Vorhofes. *a* bezeichnet den Moment der Unterbindung.

Fig. 11. Tetanischer Anfall, wie in Fig. 10 aus zwei durch eine Pause getrennten Gruppen zusammengesetzt.

selnd, sie übertrifft die Einzelcontraction um das doppelte bis selbst um das vierfache.

Die Dauer des Tetanus beträgt zuweilen wenige Secunden, häufiger einige Minuten bei gleichmässigem Abfalle der Curve zur Abscisse. Die Höhe des Tetanus steht in keinem bestimmten Verhältnisse zu seiner Dauer. Es können hohe Tetani kurz sein, niedrige lang.

Abgesehen von den Verschiedenheiten des Grades und der Form, welche die Tetanuscurven je nach dem Zustande des Herzens bieten, hat die Ligatur einen Effect, welcher entgegengesetzt ist dem von *Stannius* beschriebenen. Die Ursache dieses Widerspruches muss man zuvörderst in der Wirkung des Serum suchen, denn bevor dasselbe eingefüllt ist, zeigt das Herz mit den obengedachten Ausnahmen den von *Stannius* beschriebenen Zustand, während es gefüllt sogleich oder nach wenigen Secunden die periodische Bewegung beginnt. Bei dem gewöhnlichen Präparationsverfahren folgt der Unterbindung sogleich die Füllung; es mengt sich mit dem Unterbindungstetanus der Effect des Serum.

Diesen letzteren müssen wir besonders betrachten. Hierzu schlagen wir den gleichen Weg ein, welchen wir bei der Unter-

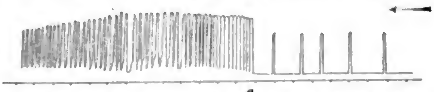


Fig. 12. Wirkung der Erneuerung des Serum in der Phase der Krise. *a* bezeichnet den Moment des Serumwechsels.

suchung der Tetanuseffecte gewählt haben. Wir bedienen uns eines bereits seit langer Zeit in Thätigkeit befindlichen Herzens, welches in die Phase der Krisis eingetreten ist, erneuern das nunmehr beträchtlich alterirte Serum, indem wir das Herz mit der Canüle vom Apparate entfernen, es ausleeren und mit frischem Serum füllen. Die einzelnen niedrigen Contractionen des kritischen Herzens werden durch das Serum viel höher, und wenn die Ermüdung des Herzens noch nicht sehr vorgeschritten ist, werden die Pulse nicht nur höher, sondern auch schneller und häufiger (Fig. 12).

Ueber den speciellen Einfluss des neuen Serum auf die periodische Bewegung werden wir im zweiten Theile des Weiteren handeln.

Die beschriebene Wirkung tritt häufig sogleich, zuweilen erst nach 20 und mehr Secunden ein.

Nachdem wir gesehen haben, wie das Serum die Thätigkeit des ermüdeten Herzens begünstigt, wollen wir den Einfluss desselben auf ein Herz untersuchen, welches den Unterbindungstetanus schon überstanden hat, im Uebrigen aber noch frisch ist und den Einfluss des fremden Serum noch nicht empfunden hat. Zu diesem Behufe habe ich das mit der Ligatur versehene und wenig Froschblut enthaltende Herz in ein Gefäss mit Oel getaucht, jedoch so, dass es nur aussen von demselben umgeben ist. Nachdem es 25—30 Minuten im Oelbade beobachtet wurde, nahm ich es aus demselben, füllte es mit Serum und brachte es mit dem Schreibapparate in Verbindung.

Die Herzen, welche nach der Ligatur 20—25 Minuten unter dem Oele aufbewahrt worden, beginnen ihre periodische Thätigkeit, sobald als sie mit Serum gefüllt werden, ebenso wie die Herzen, welche unmittelbar unter den Einfluss des Serum gesetzt worden sind. Auch die Anfallsphase ist bei diesen in verschieden klarer Weise ausgeprägt.

Hieraus folgt, dass das Serum das erste Mal intensiver einwirkt, als bei folgender Application, und dass der Anfall auch eintritt, wenn der traumatische Einfluss der Ligatur vorübergegangen ist.

Jedoch unterscheidet sich dieser Anfall beim Herzen, welches zuvor unter Oel gehalten worden, von dem gewöhnlichen durch zwei Besonderheiten: Erstens geht der Gruppe häufig eine Pause voran; diese tritt sehr selten auf bei Herzen, welche nach der Ligatur sogleich mit Serum gefüllt werden. Dieser Unterschied ist mit Wahrscheinlichkeit auf den Einfluss der Unterbindung zurückzuführen. — Die zweite Besonderheit lässt noch klarer auf diesen Unterschied schliessen. Die Gruppe des Anfalls der in Oel bewahrten Herzen erzeugt immer die absteigende Treppe, während die gewöhnliche Anfallsgruppe meistens den Typus der aufsteigenden Treppe hat.

Diese Eigenthümlichkeit beweist deutlich den Einfluss der Ligatur neben dem des Serum bei der Bildung des Anfalls. In der That sind die sich vergrössernden Erhebungen des Quecksilbers nach der ersten Ligatur der Ausdruck für das gleichzeitige Bestehn eines rhythmisch wiederkehrenden Impulses und eines Tetanus, welchen man wahrnimmt, wenn die Ligatur um die

Vorhöfe des am Apparate befestigten Herzens geschlungen wurde.

Es wachsen nämlich, wie schon oben erwähnt, die Einzelpulse, welche sich zum continuirlichen Tetanus gesellen, mit der Dauer desselben, stellen also eine aufsteigende Treppe dar. Um einzusehen, wie durch die genannten Umstände eine aufsteigende Treppe entstehn müsse, hat man zu beachten, dass die Lage der Abscisse nur durch den Stand der Druckflasche bestimmt wird, gleichgiltig ob das Herz, indem es an den Apparat gebracht wurde, contrahirt oder erschlafft ist. Aus der Abscissenhöhe kann aber das Quecksilber natürlich nur dann emporsteigen, wenn das Herz seinen Inhalt in den Manometer hineinwirft. Ist nun das Herz an den Apparat gebracht worden, während es sich schon in einem Contractionszustand befindet, bei welchem der Druck in der Flasche keine Ausdehnung seiner Höhle ermöglichen kann, so wird durch eine noch weitere Contraction keine Veränderung im Stande des Quecksilbers eintreten. Wenn aber der Tetanus, wie es mit ihm zu geschehen pflegt, allmälig nachlässt, so wird nun unter dem Druck der Flasche Flüssigkeit in die Herzhöhle dringen, und zwar in dem Maasse, in welchem die Nachgiebigkeit der Herzwand wächst bez. die in ihr vorhandene Contraction abgenommen hat. Kehrt nun, während dieses geschieht, ein Antrieb zur erneuten Contraction rhythmisch wieder, so wird die erste derselben ein mit nur wenig Flüssigkeit gefülltes Herz treffen und demnach auch nur wenig in das Manometer werfen können, während die folgenden auf ein mehr und mehr gefülltes Herz wirken und demgemäss auch successive an Grösse wachsende Erhebungen des Quecksilbers bewirken werden.

Dieselben Bedingungen — tetanische Contraction von abnehmender Intensität und rhythmisch wiederkehrende Antriebe zur Contraction — müssen dagegen bewirken, dass die Verbindungslinie der diastolischen Stände sich nach der Abscisse hin senken, wenn der Tetanus das Herz ergreift, nachdem dasselbe vor dem Apparate sitzend die ganze Flüssigkeitsmenge enthält, welche es in der vollen Diastole fassen kann. Contrahirt sich unter diesen Umständen das diastolische Herz tetanisch, so kann es des Ventiles in der Flasche wegen seinen Inhalt nur in das Manometer werfen und das Quecksilber desselben vermag sich erst dann wieder der Abscissenlage zu nähern, entweder wenn der Tetanus nachlässt, oder wenn Flüssigkeit durch die Wandung filtrirt.

Nehmen wir den letztern Vorgang als ausgeschlossen an und setzen wir wieder einen allmälig abnehmenden Tetanus und eine rhythmisch wiederkehrende Contraction voraus, so werden die diastolischen Senkungen, von welchen die rhythmisch aufeinander folgenden Zusammenziehungen ausgehn, mit der Zeit immer tiefer und tiefer werden.

Die Richtigkeit dieser Annahme ist auch durch ein besonderes Experiment nachgewiesen worden. Wenn nämlich, während das Herz am Apparate seine Tetanuscurve mit aufgesetzten Pulsen zeichnet, schnell das Ventil geöffnet wird, indem man mittelst eines Stäbchens für einen Augenblick die Membran herabdrückt, so sieht man sofort die Quecksilbersäule auf das anfängliche Niveau herabsinken und die Einzelcontractionen als aufsteigende Treppe sich aufzeichnen (Fig. 13).

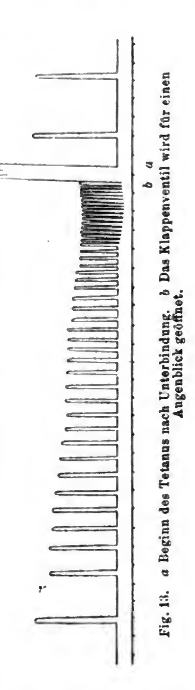


Fig. 13. *a* Beginn des Tetanus nach Unterbindung. *b* Das Klappenventil wird für einen Augenblick geöffnet.

Nach der vorausgegangenen Entwickelung können wir die verschiedenen Typen der Gruppen des Anfalles auf ihren Grund zurückführen.

Wenn wir die absteigende Treppe sehen, so müssen wir die Entstehung derselben dem Einflusse des Serum zuweisen, welcher bleibt, nachdem der Unterbindungstetanus schon vorübergegangen, bevor wir das Herz an den Apparat gebracht haben (Fig. 5).

Bemerken wir die aufsteigende Treppe, so schliessen wir auf einen überwiegenden Effect des Tetanus (Fig. 6).

Was endlich die »bizarre« Form der Anfallscontractionen angeht, so können wir eine Erklärung für deren Entstehung finden, wenn wir die Canüle schief einbinden, welche dann die Wandungen des Ventrikels an einem Punkte reizt und peristaltische Bewegungen auslöst. Die grösseren Contractionen fallen zusammen mit Contractionen abwechselnden Umfanges und verschiedener Gleichzeitig-

keit; die niedrigeren coincidiren nicht sowohl mit Zusammenziehungen geringeren Grades, als mit partiellen, sodass, während einige Segmente sich contrahiren, andere sich erweitern und so den Effect der Verengerung theilweise paralysiren. Dicrotische Formen treten auf, wenn die Contractionen in zwei Tempi erfolgen, ohne oder mit eingeschobener Pause. Eine Art von kleinem Tetanus tritt auf, wenn Einzelpulse so schnell aufeinander folgen, dass sie sich superponiren.

Diese besonderen Pulsarten können alle die beschriebenen Gruppenformen zusammensetzen. So erscheint z. B. in der früher dargestellten Figur (Fig. 8) der Typus der aufsteigenden Treppe zusammengesetzt aus »bizarren« Pulsen.

Die Figur 9 repräsentirt eine Anfallsgruppe, deren erster Theil aus bizarren, deren zweiter Theil aus normalen Pulsen zusammengesetzt ist.

Die bisher mitgetheilten Resultate geben uns die Mittel an die Hand, die Effecte der Ligatur zu eruiren, womit nach *Stannius* sich *Bidder, Eckhard, Heidenhain, Bezold, Nawrocki, Goltz* u. A. beschäftigt haben. Der Vergleich der Methoden, welcher sich die genannten Forscher bedienten, mit den hier befolgten wird uns über den Werth der Folgerungen, welche aus den zugehörigen Versuchen gezogen sind, ein Urtheil geben. Die genannten Methoden lassen sich unter drei Kategorien zusammenfassen:

1) Ligatur in freier Luft,

2) Ligatur unter Oel,

3) Ligatur des mit Serum gefüllten Herzens am Registrirapparate functionirend.

Oben schon haben wir der Unvollkommenheiten der *Stannius*'schen Unterbindungsmethode Erwähnung gethan. Im Wesentlichen bestehen diese in der Minderung der freien Bewegung des Herzens, sodann in der Beobachtung mittelst des blossen Auges, dem so manche feinere Unterschiede entgehen müssen.

Die *Goltz*'sche Methode, welche nach anderen Richtungen Vortheile gebracht hat, vermochte es nicht, die Wirkungen der Ligatur in helleres Licht zu setzen, denn zu den Störungen des *Stannius*'schen Verfahrens fügte er die Absperrung der Luft durch das Oelbad. Daher ist es nicht verwunderlich, dass seine Resultate sich noch weiter von den hier vorgetragenen entfernen, als die von *Stannius*. Seine Absicht war, nachzuweisen, dass alle Herz-

bewegung reflectorisch sei, und darum sucht er die verschiedenen Einflüsse fernzuhalten, welche als Reize betrachtet werden könnten. — Meine Absicht war im Gegentheil, das Herz möglichst empfindlich zu machen gegen die Eindrücke der Ligatur, um deren Wirkungen unter im Uebrigen unveränderten Bedingungen zu studiren, d. h. bei demselben Füllungsgrade, mit demselben belebenden Serum.

Die erste Consequenz, welche wir aus diesen Versuchen ziehen konnten, ist, dass die Ligatur der Vorhöfe nicht nur ein Trennungsmittel ist, sondern auch geeignet, die geschnürten Theile zu reizen, eine Meinung, die schon *Heidenhain* vertreten hat. Dieser schloss jedoch, gestützt auf die von *Stannius* gewonnenen Resultate, dass die Ligatur die in den Atrien befindlichen Hemmungsnerven reizt. Meine Experimente lehren jedoch, dass solche Ligaturen nicht einen diastolischen Stillstand, sondern einen Tetanus des Herzens zur Folge haben, welcher nicht wie ein gewöhnlicher Muskeltetanus aus einzelnen Contractionen sich superponirt, sondern die Einzelpulse auf einer langsam abnehmenden Spannungshöhe deutlich ausgeprägt enthält, welche, wie erwähnt, in continuirlichem Verlaufe fortbesteht, auch wenn die Einzelcontractionen zeitweilig oder gänzlich ausgefallen sind. Dieser stetige Contractionszustand scheint demgemäss von den Einzelpulsen ganz unabhängig zu sein und kann in gewissem Sinne ein Muskeltonus genannt werden. Ohne auf das Wesen dieses räthselhaften Zustandes ausführlicher einzugehen, wollen wir zeigen, dass er durch mechanische Reizung von Seiten der Herzligatur bedingt wird und dass er sogleich verschwindet, sobald die Unterbindung gelöst worden ist. Diese Lösung lässt sich sehr leicht bewerkstelligen, wenn man nur durch einen Knoten, der zur Befestigung des feuchten Fadens vollkommen hinreichend ist, die Schlinge geschlossen hatte. Fig. 14 zeigt sehr deutlich die Resultate solchen Verfahrens.

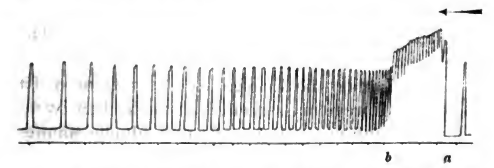


Fig. 14. *a* Beginn des Tetanus nach Unterbindung, *b* Lösung derselben.

Die tetanische Contraction verschwindet, sobald die Ligatur gelöst wird, die Einzelcontractionen, die vorher auf der Tetanuscurve begannen, heben jetzt von der Abscisse an. Die hohe Tetanuscurve sinkt in die Abscisse, sobald die Ligatur gelöst worden ist. Statt der kleinen, über die tetanische Gleichgewichtshöhe sich erhebenden Contractionen steigen aus der Abscisse die Pulshöhen bis zu fast $^3/_4$ der Tetanuserhebung und wachsen dann noch allmälig weiter (eine aufsteigende Treppe bildend), während sie zugleich seltener werden. Zuweilen fallen sie sogleich mit Lösung der Ligatur für längere Zeit aus. Das vollkommene Verschwinden des Tetanus nach Entfernung der Ligatur ist jedoch nur ein scheinbares, in Wahrheit bleibt eine Nachwirkung, welche aber nicht als Erhebung der Abscisse sich geltend machen kann, weil in Folge des rapiden Abfalles das Ventil sich öffnet und so den Tetanus unter der aufsteigenden Treppe verkappt vorführt.

Mit dem Factum, dass die Ligatur Tetanus erzeugt, in welcher Höhe sie auch immer gelegt worden sei, ist die Hypothese unverträglich, dass hemmende Herzcentren im Vorhof liegen, während im sulcus die motorischen vertheilt seien; eine Ansicht, welche *Stannius* andeutet und *Heidenhain* warm vertheidigt.

Keines von den Argumenten, welche beweisen sollten, dass die Hemmungsganglien an einem andern Orte gelegen seien als die motorischen, kann gegen das erwähnte Factum Stand halten. Indessen erhebt sich für mich die Verpflichtung, die Beziehung zu untersuchen, in welcher die von *Stannius* gewonnenen Resultate zu den meinen stehn.

Die beiden Methoden unterscheiden sich im Grunde nur dadurch, dass die unsere die Aeusserungen der Herzthätigkeit begünstigt. Wie *Stannius* eine Verschiedenheit in der Wirkung der Unterbindung wahrnimmt, je nachdem sie um den sulcus oder die Vorhöfe gelegt ist, so erweisen meine Experimente eine analoge Verschiedenheit.

Die Intensität und Dauer des Tetanus ist in der That verschieden je nach der Unterbindungshöhe.

Die Statistik über die Erfolge von 32 Ligaturen ist nicht hinreichend, alle Unregelmässigkeiten auszugleichen, welche das verschiedene Ermüdungsstadium, die individuelle Mannigfaltigkeit, die auch von der Jahreszeit abhängige Erregbarkeit einführt, jedoch ergiebt die unten folgende Zusammenstellung der Mittel-

werthe zwischen der Höhe und Dauer des Tetanus einer- und dem Orte der Unterbindung anderseits, dass der Ort der Unterbindung verschiedene Erfolge bedingt. Diese sind, was die Dauer betrifft, wenig regelmässig, weil ihre Länge durch die Filtration des Serum aus dem Herzen mitbestimmt wird. Da aber diese letztere je nach den Eigenschaften des Serum und des Herzens eine ungleich grosse, so ist der auf die Dauer bezüglichen Zahlenreihe wenig Werth beizulegen; bedeutungsvoller ist dagegen diejenige, welche von der Höhe des Tetanus handelt, wie aus der Tabelle erhellt.

Unterbindungsstelle.	Mittlere Höhe des Tetanus.	Dauer des Tetanus.
im sulcus	22 mm	4′ 46″
1mm über dem sulcus	21 -	3′ 32″
2 - - - -	19,9 -	4′ 5″
3 - - - -	19,7 -	1′ 17″
4 - - - -	19,7 -	4′ 18″

Vergleicht man weiterhin mit Hülfe der erhaltenen Resultate die mittlere Differenz zwischen der Höhe der Einzelcontractionen und derjenigen des Tetanus, welcher unmittelbar auf sie folgt, so erscheint ausgezeichnet an Grösse nur die Höhe des Tetanus, nach der Ligatur im sulcus.

Unterbindungsort über dem sulcus.	Differenz zwischen der Höhe des Tetanus und den vorhergehenden Contractionen.
0	10,3
1 mm	7,5
2 -	5,6
3 -	5,1
4 -	6.

Dieses Verhältniss, welches deutlicher im sulcus sich ausdrückt, erinnert wiederum an die Verschiedenkeit der Effecte der Ligatur von *Stannius*. Um diese Folgerungen ganz sicher zu stellen, müssen jedoch die Experimente noch bedeutend vervielfältigt werden.

II. Theil.

Periodische Thätigkeit des Herzens in ihrer Abhängigkeit von dem Serum, der Temperatur und dem Flüssigkeitsdruck.

Der eigenthümlich regelmässige Wechsel von Ruhe und Thätigkeit, der unser Herzpräparat auszeichnet und auf welchen in der Einleitung schon hingewiesen ist, documentirt sich am deutlichsten in der Zeit, welche sich in der Mitte des Arbeitsverlaufes befindet. Die Curven zeigen dann häufig Perioden, die von Gruppen annähernd gleicher Pulszahl und Pausen von beinahe derselben Dauer zusammengesetzt sind. — Doch hält sich diese Regelmässigkeit im Rhythmus nicht lange. Schon nach 6—7 Perioden erleiden dieselben Veränderungen, welche bis zur Krisis wachsen und ebenso haben sie einen desto weniger ausgeprägten Character, je näher sie dem Anfallsstadium stehen. Diese Veränderungen sind aber so mannigfacher Art, dass es nothwendig ist, bei ihrer Beschreibung mehrere Typen zu unterscheiden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wächst im ersten Stadium (der Vermehrung) die Anzahl der Pulse einer Gruppe und die Dauer der entsprechenden Pausen; im zweiten Stadium (des Absinkens) bemerkt man im Gegentheil, dass Pulszahl und Pausendauer bis zum Eintritt der Krise abnehmen. In anderen Fällen nehmen die Perioden an Grösse ab, und zwar gleicherweise die Gruppen, wie die Pausen. Seltener ereignet es sich, dass die Dauer der Perioden im Verlaufe der Herzthätigkeit nicht wesentlich variiren.

In den aufgeführten drei Typen des Verlaufes ist eine gewisse Proportionalität der Pausenlängen und der Zahl der Pulse in den Gruppen vorhanden.

Um zu veranschaulichen, wie sich in diesen drei Typen die Zahl der Pulse in je einer der aufeinanderfolgenden Gruppen und wie sich die Dauer der Gruppen und Pausen selbst ändert, habe ich nach je einem Beispiel die Fig. 15, 16, 17 (siehe Neben- und folg. Seite) construirt. Jede derselben enthält drei Linien. Die mit I. bezeichnete ist dadurch hergestellt, dass die Zahl der Gruppen, welche das Herz geliefert hatte, in gleichen Abständen auf der Abscisse aufgetragen wurden; die dem Anfall unmittelbar folgende Gruppe ist mit 1 und die späteren der Reihe nach,

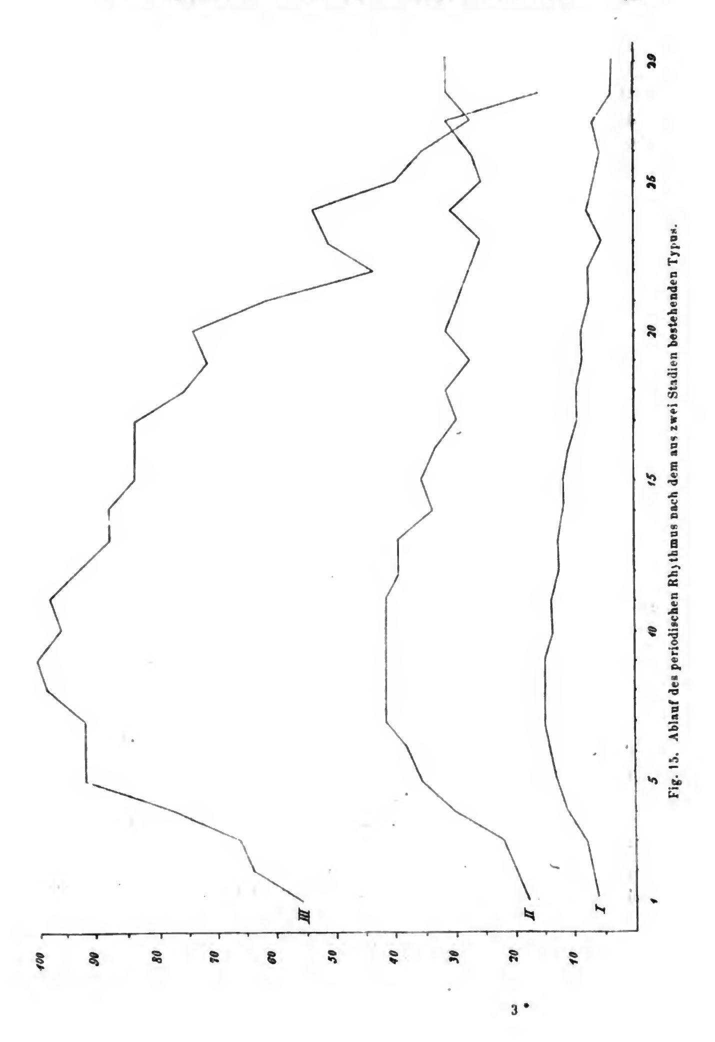


Fig. 15. Ablauf des periodischen Rhythmus nach dem aus zwei Stadien bestehenden Typus.

in welcher sie erschienen, mit 2, 3, u. s. f. bezeichnet. Ueber jede dieser Nummern wurde in der Richtung der Ordinate die Zahl der Pulse aufgetragen, welche die Gruppe enthielt. Somit drückt die Curve I. die Abhängigkeit aus, welche zwischen den Ordnungsnummern der Gruppen und den Pulszahlen zum Vorschein kam. — Die Linie II. giebt Aufschluss über die Abhän-

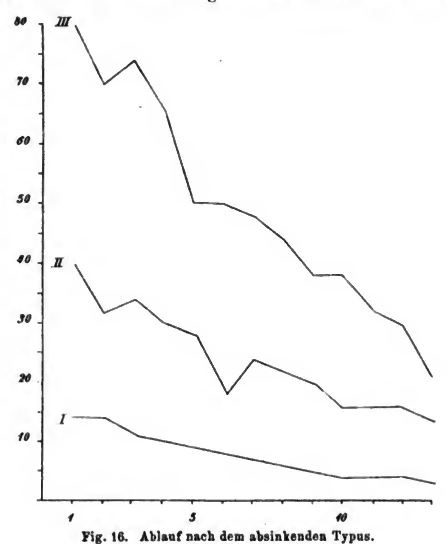


Fig. 16. Ablauf nach dem absinkenden Typus.

gigkeit, in welcher die Dauer der Gruppen zu den Ordnungsnummern derselben steht. Auch hier ist wieder die letztere auf der Abscisse zu suchen, während die in Secunden ausgedrückte Zeit auf der Ordinate geschrieben steht. — Die Linie III. endlich stellt die Abhängigkeit der Pausendauer von der Ordnungsnummer derselben dar. Die Bezeichnung der Zahlen ist gleich der für die Curve II. angegebenen. Die Zählung der Pausen beginnt mit derjenigen, welche nach der ersten Gruppe auftrat, so dass die Pause 1 der Gruppe 1 unmittelbar folgt.

Obwohl für diese Beispiele regelmässige Proben ausgewählt worden sind, so erkennt man doch leicht, dass eine vollkom-

mene Proportionalität zwischen dem Verlaufe der einzelnen Curven einer Tafel nicht Statt hat. In einzelnen seltenen Fällen nehmen die genannten Curven einen von einander ganz abweichenden Gang, entweder im ganzen Verlaufe oder in einzelnen Stadien derselben.

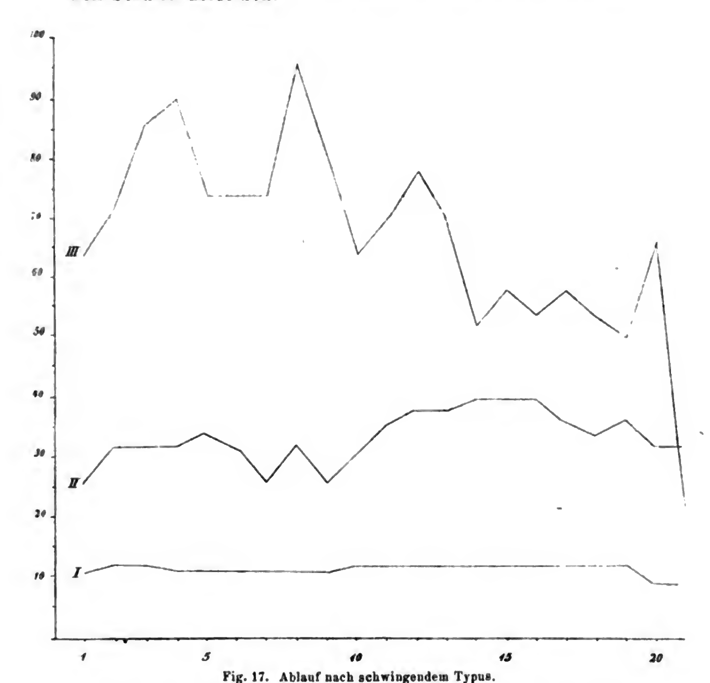


Fig. 17. Ablauf nach schwingendem Typus.

So besitze ich eine Curventafel, auf welcher die Gruppenzahl der Regel des ersten Typus folgt, die Pausen dagegen dem zweiten Typus angehören.

Ein anderes Mal ist mir der umgekehrte Fall aufgestossen. Hier repräsentirte auf der Curventafel die absteigende Linie die Pulszahl, die Curve des ersten Typus die Pausendauer.

Es steht mir auch ein einzelner Fall zu Gebote, in welchem die Pulszahl in einer Gruppe bis zu den letzten fünf Gruppen wächst, dann schnell absinkt, während die Pausen von Anfang bis zum Ende in ziemlich regelmässigem Verhältnisse wachsen. Hier war die Herzfunction bis zum Ende der Leistungsfähigkeit periodisch und die Krise nicht einmal angedeutet. Es wachsen nämlich in diesem Falle die Gruppen anfänglich, nehmen dann schnell ab, während die Pausen beständig grösser werden.

Wenn wir nun nach dem allgemeinen Ueberblick über den Verlauf der Perioden die einzelnen Gruppen specieller prüfen, so unterscheiden wir in Betreff des Baues derselben die Frequenz und die Höhe der Pulse einer Gruppe.

Die Pulsfrequenz innerhalb einer Gruppe ist keineswegs constant, sondern sie wächst in der Regel bis fast zur Mitte derselben, und nimmt darauf etwas langsamer wieder ab. Dieses Verhalten ist durch Fig. 18 veranschaulicht; sie wurde dadurch construirt, dass die ganze Dauer einer Gruppe auf die Abscisse

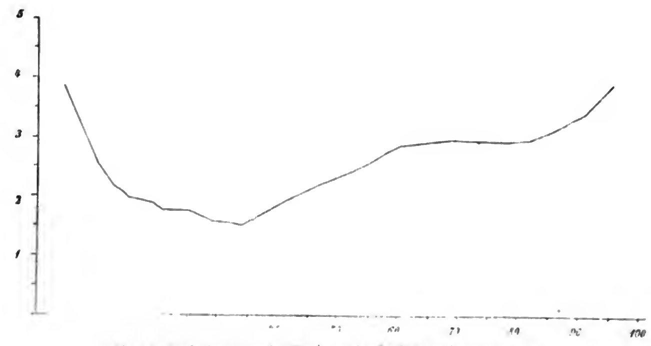


Fig. 18. Typische Curve der Frequenz der Zuckungen in einer Gruppe.

aufgetragen war, und die Zeiten der Intervalle zwischen je zwei Pulsen an den Ordinaten abgemessen wurden. Die Frequenz wuchs demnach während der Beobachtung in dem Maasse, in welchem die Höhen der Ordinaten an der vorliegenden Curve abnehmen. Häufig (Fig. 19, siehe folg. Seite), wie untenstehende Curven zeigen, sind sogar die ersten und letzten Contractionen losgelöst,

so dass man zuweilen nicht beurtheilen kann, ob sie noch zur Gruppe gehören. — Die mittlere Pulsfrequenz nimmt gegen die Zeit der Krise hin ab.

Die Verbindungslinie der Höhenendpunkte der Pulse nimmt im Verlaufe der Herzarbeit verschiedene Formen an.

Die ersten Gruppen nach dem Anfalle zeichnen sich durch die absteigende Treppe aus; ihre häufigste Form ist die einer Curve, welche ihre Convexität gegen die Abscisse wendet (Fig. 20), zuweilen ist ihre Form auch völlig oder nahezu eine gerade Linie.

Diese Treppe wird immer flacher, je mehr die Gruppen sich der Krisis nähern. Nicht selten sind alle Pulse einer Gruppe nach der Krisis fast gleich hoch, also die Abfallslinie der Abscisse parallel (Fig. 21). — In seltenen Fällen tritt, nachdem die absteigende Treppe verschwunden ist, eine andere auf, die aufsteigende, welche

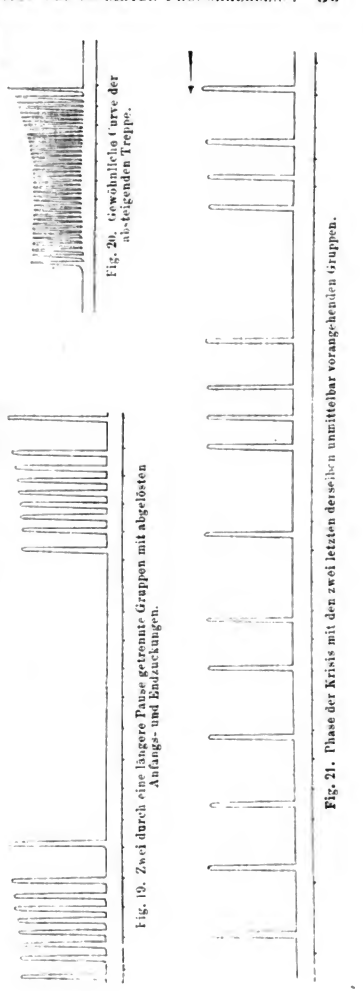


Fig. 20. Gewöhnliche Curve der absteigenden Treppe.

Fig. 19. Zwei durch eine längere Pause getrennte Gruppen mit abgelösten Anfangs- und Endzuckungen.

Fig. 21. Phase der Krisis mit den zwei letzten derselben unmittelbar vorangehenden Gruppen.

jedoch meist rudimentär bleibt, denn sie bleibt meist auf die ersten zwei oder drei Pulse beschränkt. Eine vollkommenere aufsteigende Treppe bekommt man zuweilen zu Gesicht in den Perioden, welche einer späteren Ligatur folgen. Diese aufsteigende Treppe wird immer flacher in den folgenden Gruppen, wie die Fig. 22 zeigt.

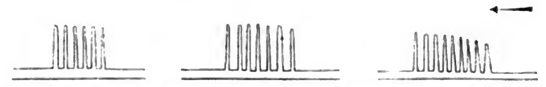


Fig. 22. Aufsteigende, nach wiederholter Unterbindung flacher werdende Treppe.

Endlich möge hier noch die »bizarre« Form der Gruppen erwähnt werden, von welcher bei der Beschreibung des Anfalls gehandelt worden ist, sie können sich auch unter später ausgeführten Bedingungen im weiteren Verlaufe der Herzthätigkeit einstellen (Fig. 23).

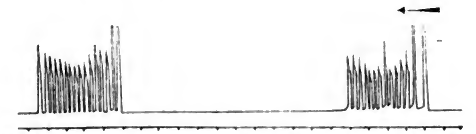


Fig. 23. Zwei durch eine Pause getrennte Gruppen mit bizarrem Character.

Einige Tabellen mögen dienen, die bisher erwähnten Eigenschaften der Perioden zu verdeutlichen, soweit es mit numerischen Angaben möglich ist.

Verlauf der periodischen Thätigkeit des Herzens.

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe (während einer Gruppe.)	Minimale Höhe (während einer Gruppe.)	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
I.	Herz im sulcus unterbunden mit Schafserum gefüllt. Zimmertemperatur 18–20° C. Druck des Serum 4 mm Quecksilber.	9	— 30	18,6	17,1	2 25	1	Die Perioden verlaufen sehr gesetzmässig. Auf ein kurzes, erstes Stadium der Vergrösserung der Perioden folgt ein zweites viel längeres der Abnahme derselben. Die Pulse der Gruppen werden gesetzmässig kürzer, die absteigende Treppe flacht sich von Gruppe zu Gruppe ab, fast jede Pause unterbricht ein Einzelpuls; der ganze Verlauf ist kurz und geht in sehr regelmässiger Weise in die Krisis über.
		10	— 35	18,4	17	2 4	—	
		10	— 35	19	16,8	2 15	—	
		10	— 33	19	16,2	2 24	—	
		12	— 43	18,8	16,5	2 44	1	
		12	— 42	18,5	16,5	2 22	1	
		11	— 40	18,5	16,5	2 12	1	
		11	— 40	18,5	16,5	2 15	1	
		10	— 36	18,6	16,6	2 —	1	
		10	— 38	18,8	16,8	2 —	1	
		10	— 37	18,6	16,5	1 58	1	
		10	— 40	18,6	16,8	1 55	1	
		9	— 37	18,6	16,8	1 52	1	
		8	— 35	18,4	17	1 43	1	
		8	— 35	18,4	17	1 43	1	
		8	— 35	18,4	17	1 44	1	
		7	— 33	18,4	17	1 36	1	
		7	— 38	18,4	17,2	1 40	1	
		4	— 30	18	17,5	1 10	1	
		4	— 34	18,5	17,6	1 4	1	
		4	— 36	18	17,7	1 9	1	
		3	— 24	18	17,6	1 —	1	
		3	— 24	17,7	17,6	— 56	1	
		2	— 20	17,6	17,6	— 42	1	
II.	Herz im sulcus unterbunden mit Kaninchenserum gefüllt. Serumdruck = 2 mm Hg.	20	— 44	17,5	14,5	1 36	—	Kürzester Verlauf periodischer Thätigkeit alle wesentlichen Stadien enthaltend. Die Krisis dauert sehr lange.
		23	— 48	18	14	2 16	—	
		19	— 47	16	14,2	2 46	—	
		15	— 40	15,5	15	2 24	—	
		11	— 30	14,3	14,2	1 —	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuches.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.		Minimale Höhe während einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.		Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min.	Sec	mm	mm	Min.	Sec.		
III.	Herz mit einer zweiten Ligatur im sulcus versehen. Schafserum unter 9 mm Quecksilberdruck wirkend.	8	—	34	9,1	10,8	5	26	—	Die nach einer zweiten Ligatur gezeichneten Gruppen bilden aufsteigende Treppen, welche allmälig flacher werden. Die Perioden nehmen ab; die ersten und letzten etwas unregelmässig, sehr regelmässig die mittleren. Zwei Einzelcontractionen treten kurz vor der Krisis auf.
		9	—	38	9,2	11	5	32	—	
		11	—	42	9,8	11,5	5	26	—	
		9	—	39	10	11,5	4	18	—	
		10	—	38	10,5	11,5	4	14	—	
		9	—	36	11	11,6	3	32	—	
		9	—	36	11	11,6	3	12	—	
		8	—	32	11	11,5	2	36	—	
		?		?	11	?	2	38	—	
		9	—	36	11,2	12	2	54		
		8	—	28	11,5	12 2	2	28	—	
		8	—	32	12	12,2	3	—	—	
		8	—	32	11,5	11,8	2	32	—	
		7	—	28	11,7	11,9	2	36	—	
		7	—	28	11,6	11,9	2	10	—	
		7	—	30	11,7	11,8	2	10	—	
		7	—	28	11,7	12	2	14	—	
		6	—	24	11,7	11,9	2	—	—	
		6	—	24	11,8	11,9	2	6	—	
		6	—	28	11,8	11,9	2	10	—	
		6	—	24	11,8	11,9	2	18	—	
		6	—	26	11,5	11,9	2	6	—	
		6	—	24	11,5	12	2	—	—	
		6	—	24	11,5	11,9	2	4	—	
		5	—	22	11,4	11,5	1	52	—	
		3	—	12	11,5	11,5	1	26	—	
		5	—	26	11,4	11,5	1	44	—	
		5	—	20	11,5	11,6	1	48	—	
		5	—	24	11,5	11,6	1	50	1	
		2	—	8	11,5	11,5		?	—	
		5	—	22	11,6	11 5	1	44	—	
		3	—	12	11,6	11,8	1	32	1	
		3	—	12	11,5	11,5	1	28	—	
		3	—	12	11,5	11,5	1	6	—	
		3	—	12	11,4	11,4	—		—	
IV.	Ligatur 1 mm über dem sulcus. Schafserum unter einem Druck von 5 mm Quecksilber.	5	—	10	17	15,5	1	14	—	Dies Fragment aus der Phase der periodischen Thätigkeit genommen zeigt das aufsteigende Stadium der Perioden.
		9	—	28	17	15	1	10	—	
		10	—	24	16	15	1	20	—	
		10	—	32	15,5	14,5	1	34	—	
		11	—	32	15,5	14,5	1	40	—	
		11	—	36	15,5	14,5	1	50	—	
		12	—	40	15,5	14,4	1	54	—	
		12	—	38	14,5	14,4	2	4	—	
		.		.	.	.		.	.	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min Sec	mm	mm	Min. Sec		
V.	Ligator 2 mm über dem sulcus. Kaninchenserum Druck 7 mm Quecksilber.	6	?	?	?	1 24	—	Sehr seltner Fall, in welchem die Phase der Krisis gänzlich ausbleibt. Die Gruppen werden in regelmässiger Weise bis gegen das Ende der Thätigkeit grösser und nehmen dann schnell ab. Die Pausen wachsen bis das Herz völlig erschöpft ist.
		6	— 24	19.3	18,7	1 36	—	
		7	— 28	?	?	1 44	—	
		7	— 32	?	?	1 44	—	
		7	— 36	?	?	1 44	—	
		7	?	?	?	1 44	—	
		8	— 40	19,5	18,3	1 48	—	
		8	?	?	?	2 —	—	
		9	?	?	?	2 —	—	
		10	— 44	19,5	19	2 —	—	
		10	— 44	18,5	18,2	2 4	—	
		11	— 48	17,8	17	2 12	—	
		11	— 48	18,2	17	2 16	—	
		11	— 48	18	17	2 20	—	
		12	— 52	18	17,3	2 28	—	
		13	1 —	17,8	16,8	2 48	—	
		13	1 4	16,8	16,3	2 56	—	
		14	1 8	17,8	17,5	3 2	—	
		14	1 12	17	16,3	3 12	—	
		14	1 —	16,5	18,6	3 12	—	
		14	1 4	16,2	16	3 20	—	
		15	1 8	16,5	16	3 24	—	
		15	1 12	16	15,5	3 26	—	
		15	1 12	15,3	15,3	3 28	—	
		16	1 16	14,5	15	3 36	—	
		16	1 20	14	14,5	?	—	
		17	1 28	14	14,4	4 —	—	
		17	1 32	13,3	14	4 4	—	
		18	1 36	12,6	13	4 8	—	
		18	1 36	11,8	12,8	?	—	
		19	1 44	11,2	12,2	4 36	—	
		19	1 48	10	11,8	4 48	—	
		20	1 52	9	10,8	4 48	—	
		20	1 56	9,2	10,6	5 8	—	
		20	1 52	8	10	5 20	—	
		21	1 56	8	9,8	5 20	—	
		19	?	8	9	5 20	—	
		18	1 52	7,5	8,2	6 32	—	
		16	1 40	7	7,6	7 12	—	
		14	1 32	6	6,5	8 24	—	
		10	1 20	5,3	6	?	—	
		3	— 43	—	—	—	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
VI.	Ligatur 2 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 7 mm Hg.	11	— 26	21,5	17,5	1 45	—	Die Gruppen sind bis auf die zwei letzten fast gleich gross. Die Pausen zeigen leichte Schwankungen mit der Tendenz sich zu verkürzen. Die absteigende Treppe wird flacher aber verschwindet nicht. Die mittlere Höhe der Pulse nimmt regelmässig ab. Die mittlere Frequenz wird allmälig etwas kleiner.
		12	— 32	21	17	1 12	—	
		12	— 32	20	16,5	1 26	—	
		11	— 32	19,5	16,5	1 30	—	
		11	— 34	18,5	16,2	1 14	—	
		11	— 32	18	16	1 14	—	
		11	— 26	17,5	15,8	1 14	—	
		11	— 32	17,2	15,5	1 36	—	
		11	— 26	16,8	15	?	—	
		12	?	15,5	15,2	1 4	—	
		12	— 36	16,5	15,2	1 10	—	
		12	— 38	16,5	15,2	1 18	—	
		12	— 38	16,8	15	1 10	—	
		12	— 40	16,5	15	— 52	—	
		12	— 40	16,5	15	— 58	—	
		12	— 40	16,5	15	— 54	—	
		12	— 36	16	14,5	— 58	—	
		12	— 44	15,2	14,2	— 54	—	
		12	— 46	14,5	13,5	— 50	—	
		9	— 32	14	13	1 6	—	
		9	?	13,2	12,2	— 22	—	
VII.	Ligatur 2 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 9 mm Hg.	9	— 26	16,2	16	1 48	1	Perioden nehmen in etwas unregelmässiger Weise ab. Die mittlere Höhe der Gruppen schwankt (ein seltner Fall), ohne entschieden abzunehmen. Ebenso wechselt die absteigende Treppe mit der Abscisse paralleler Gruppenhöhe. Die Pausen sind stets durch Einzelpulse unterbrochen.
		11	— 32	16,5	16,8	1 38	1	
		10	— 30	17	17	1 32	1	
		8	— 32	16,8	15,8	1 52	1	
		8	— 34	16,5	15,5	1 46	1	
		9	— 36	16,5	15,5	1 50	1	
		8	— 32	16,5	15,5	1 44	1	
		8	— 30	16,5	15,5	1 44	1	
		7	— 26	16,4	15,5	1 46	1	
		7	— 26	16,5	15,5	1 32	1	
		7	— 24	16	16	1 22	1	
		6	— 22	17,5	16,5	1 4	1	
		5	— 24	17	16	1 —	1	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.		Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.		Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
VIII.	Zweite Ligatur 2 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 9 mm Hg.	15	1	12	14,2	15,5	2	40	—	Aufsteigende Treppe (nach zweiter Ligatur). Abnehmende Perioden. Andere Eigenthümlichkeiten wie in der Tabelle III erwähnt.
		17	1	18	12,6	14,6	2	24	—	
		16	1	17	12,6	14	2	13	—	
		14	1	20	12,1	13,4	2	2	—	
		12	1	7	11,4	13,8	2	6	—	
		11	1	5	11	12,3	1	40	—	
		7	—	40	10,6	11,7	1	28	—	
		5	—	32	10,3	11,3	1	45	—	
		3	—	18	10	10,8	—		—	
IX.	Ligatur 3 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 11 mm Hg.	6	—	18	15	14	—	56	—	Typus der periodischen Thätigkeit. Wachsende, dann abnehmende Perioden. Länge der Gruppen und Dauer der Pausen stehen in einem ziemlich constanten Verhältnisse. Die absteigende Treppe nimmt mit grosser Regelmässigkeit ab. Der Verlauf der Gruppen ist sehr regelmässig bis auf die letzten, welche der Krisis nahe sind.
		7	—	20	14,2	13,5	1	4	—	
		8	—	22	14	13	1	6	—	
		11	—	30	14	12,8	1	17	—	
		13	—	36	13,7	12,5	1	32	—	
		14	—	38	13,5	12,2	1	32	—	
		15	—	42	13,5	12	1	32	—	
		15	—	42	13,2	12	1	38	—	
		15	—	42	13	12	1	40	—	
		14	—	42	13	12	1	36	—	
		14	—	42	12,8	12	1	38	—	
		13	—	40	12,7	12	1	34	—	
		13	—	40	12,7	12	1	28	—	
		12	—	34	12,7	12	1	28	—	
		12	—	36	12,7	12	1	24	—	
		11	—	34	12,5	12	1	24	—	
		10	—	30	12,5	12	1	24	—	
		10	—	32	12,5	12	1	16	—	
		9	—	28	12,5	12	1	12	—	
		9	—	32	12,5	12	1	14	—	
		8	—	30	12,2	12	1	2	—	
		8	—	28	12	11,7	—	44	—	
		6	—	26	12,2	10	—	32	—	
		8	—	36	12,5	12	—	54	—	
		7	1	32	12,2	12	—	40	—	
		6	—	28	12	12	—	44	—	
		7	—	32	12	12	—	36	—	
		4	—	16	12	12	—	28	—	
		4	—	18	12	12	—	32	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe (während einer Gruppe.)	Minimale Höhe (während einer Gruppe.)	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
X.	Ligatur 3 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 9 mm Hg.	3	— 10	16	14,2	1 6	—	Oscillirender Typus der Perioden. Die Einzelpulse während der Pausen treten bald auf, bald bleiben sie fort. Im ersten Falle sind die Pausen viel länger als im letzten. Tabelle III giebt die Fortsetzung dieser Reihe, nachdem eine neue Ligatur den Zustand des Herzens geändert hat.
		5	— 12	15,5	12	1 58	1	
		3	— 10	15,5	13	?	1	
		4	— 12	14,8	12,8	1 10	—	
		3	— 10	14,2	12	1 8	—	
		3	— 10	14	12	1 8	—	
		4	— 16	13,8	12,2	1 16	—	
		3	— 12	13,8	13,5	1 14	—	
		5	— 20	14	12,2	1 28	—	
		5	— 16	13,8	11,8	1 28	—	
		5	— 18	13,8	11,8	2 30	1	
		5	— 18	14	12	2 28	1	
		5	— 16	13,8	11,8	1 34	—	
		4	— 16	13,8	12	2 24	1	
		5	— 18	13.5	12,2	2 32	1	
		5	— 18	13,2	12	1 36	—	
		5	— 20	14	12,2	1 28	—	
		5	— 16	14	11,8	1 28	—	
		5	— 18	13,8	11,8	2 30	1	
		5	— 18	13,5	12,2	3 8	1	
		5	— 16	13,8	11,8	1 34	—	
		4	— 16	13,8	12	2 24	1	
		5	— 18	13,5	12	2 32	1	
		5	— 18	13,5	11,8	1 36	—	
		5	— 18	13,5	12	1 34	—	
		5	— 18	13,5	12	2 32	1	
		5	— 20	13,2	12	2 36	1	
		5	— 14	12,8	12	2 28	1	
		5	— 18	13	12	—	—	
XI.	Ligatur 4 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 8,6 mm Hg.	8	— 22	19,9	11	— 48	—	Beispiel abnormen Verlaufes, in welchem die Gruppen continuirlich bis zur letzten wachsen, während die Pausen erst zu-, dann abnehmen.
		6	— 18	10,8	10	— 38	—	
		6	— 20	10,5	10	1 2	—	
		7	— 22	10,5	9,8	1 4	—	
		8	— 26	10,5	9,8	1 8	—	
		7	— 24	10,5	9,5	1 12	—	
		10	— 32	10	9,5	1 16	—	
		12	— 38	10	9,2	1 24	—	
		14	— 44	10	9	1 29	—	
		18	— 56	9,8	9	1 32	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
		?	?	9,8	9	1 28	—	
		18	— 50	9,5	8,8	1 40	—	
		20	— 58	9,5	8,5	1 48	—	
		20	1 —	9,2	8,5	1 52	—	
		20	— 58	9	8,2	?	—	
		21	— 56	9	8,2	1 28	—	
		21	— 56	9,5	9	1 24	—	
		23	1 6	9,2	8,8	1 2	—	
		23	1 6	9,2	8,8	— 54	—	
		24	1 46	8,2	8,5	— 38	—	
		31	1 52	8,8	8,2	— 24	—	
XII.	Ligatur 4 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 8 mm Hg.	5	— 24	14,5	14	1 24	1	Langes Stadium der Vergrösserung der Gruppen, kürzer das der Abnahme. Die Pausen nehmen bis zum Ende ab.
		5	— 24	14	13,2	1 28	1	
		6	— 24	14,3	13,2	1 20	1	
		7	— 28	14,3	13	2 4	2	
		7	— 28	14.3	13	1 56	2	
		6	— 24	14,2	12,9	1 32	1	
		6	— 28	13,6	12	1 28	1	
		6	— 28	13,5	12,5	1 40	1	
		8	— 28	13	12,5	1 48	1	
		6	— 28	13	12,5	1 28	1	
		6	— 28	?	?	1 28	1	
		7	— 36	13,5	12,5	1 24	1	
		8	— 38	12,7	12,5	1 4	—	
		8	— 36	13	12,5	1 4	—	
		9	— 36	13,5	12,5	1 —	—	
		9	— 36	13	12	1 —	—	
		10	— 40	12,8	12	— 52	—	
		11	— 44	12,7	12	— 48	—	
		11	— 44	12,5	12	— 48	—	
		11	— 44	12,3	11,8	— 44	—	
		11	— 48	12,5	12	— 40	—	
		11	— 44	12,3	12	— 40	—	
		10	— 40	12	11,5	— 40	—	
		9	— 36	12,2	11,8	— 40	—	
		9	— 32	12	11,5	— 56	1	
		8	— 28	11,5	11,5	— 22	2	
		7	— 28	11,5	11,5	1 32	3	
		6	— 24	11,5	11,5	—	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
XIII.	Ligatur 4 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 8,4 mm Hg.	9	— 24	24	20,5	1 10	—	Gewöhnlicher Typus des Verlaufs. Zeitiger Eintritt der Krisis angekündigt durch Einzelpulse in den Pausen.
		9	— 26	22,5	20,5	1 18	—	
		10	— 22	22,2	20	1 14	—	
		10	— 28	22,2	20	1 24	—	
		11	— 30	23	20,5	1 22	—	
		13	— 30	23	20	— 50	—	
		12	— 30	22,5	19,5	— 36	—	
		10	— 26	21	19,5	— 36	—	
		10	— 24	20,5	19	— 58	1	
		10	— 26	20,2	19	— 36	1	
		8	— 22	20	19,2	— 26	1	
		6	— 18	20	19,2	—	—	
XIV.	Zweite Ligatur 1 mm über dem sulcus. Kaninchenserum Druck 7,6 mm Hg.	14	— 40	13,5	12,5	1 20	—	Regelmässige Verkleinerung der Gruppen und Abkürzung der Pausen. In den zwei letzten Pausen ist die Krisis durch Einzelpulse angekündigt.
		14	— 32	13	12,5	1 10	—	
		11	— 34	13	12,2	1 14	—	
		10	— 30	13	12,2	1 6	—	
		9	— 28	13	12,8	— 50	—	
		8	— 18	13	12,8	— 50	—	
		7	— 24	13	12,7	— 48	—	
		6	— 22	13	12,7	— 44	—	
		5	— 20	13	12,7	— 38	—	
		4	— 16	13	12,7	— 38	—	
		4	— 16	12,8	12,7	— 32	1	
		4	— 16	13	13	1 2	2	
		3	— 14	13	13	—	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
XV.	Ligatur 5 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 9 mm Hg.	28	1 28	15,2	12,5	1 25	—	In unregelmässiger Weise nehmen die Perioden erst zu, dann ab. Gruppen sehr gross. Die Perioden, welche der Krisis vorausgehen, haben Einzelpulse in den Pausen.
		?	1 17	15,5	12,2	2 —	—	
		?	1 3	17	13,2	?	—	
		26	— 58	14,5	12	2 23	—	
		29	1 17	14,5	11,5	2 24	—	
		29	1 8	14,2	11,4	2 10	—	
		32	1 20	14,2	11,5	2 35	—	
		33	1 28	14	11,5	2 54	—	
		34	1 35	13,5	11	2 52	—	
		34	1 24	13,2	11	3 —	—	
		31	1 24	13,5	11,3	2 52	—	
		28	1 30	12,5	11,3	2 45	—	
		24	1 25	13,5	11,3	2 16	—	
		23	1 14	13,4	11,4	2 13	—	
		21	1 7	12,8	11,4	2 10	—	
		19	1 10	13	11,5	2 10	—	
		18	1 10	13	11,5	2 10	—	
		17	1 4	12,8	11,5	1 38	—	
		16	1 —	12,4	11,4	1 46	—	
		17	— 54	12,3	11	1 33	—	
		16	1 2	12	11	1 30	—	
		16	1 1	12	11	1 37	—	
		15	1 5	11,8	11	1 25	—	
		15	— 48	11,7	10,8	1 15	—	
		14	1 3	11,6	11	1 14	—	
		12	— 45	11,4	11	1 2	—	
		10	— 45	11,4	11	1 4	—	
		8	— 37	11,5	11,1	1 2	—	
		8	— 38	11,5	11	1 32	1	
		7	— 35	11,5	11	1 25	1	
		6	— 33	11,4	11	—	1	
XVI.	Ligatur 5 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 5,2 mm Hg.	21	1 8	16	13,4	2 44	—	Seltner Verlauf. Gruppen wachsen stets, die Pausen nehmen erst zu, dann ab.
		27	1 22	16	12,5	2 —	—	
		26	1 17	15	12,4	2 56	—	
		26	1 18	14,5	12,2	3 14	—	
		26	1 16	14	12,3	3 22	—	
		25	1 14	13,5	12,3	3 26	—	
		25	1 16	13,4	12	3 26	—	
		25	1 22	13	11,5	3 16	—	
		24	1 20	12,5	11,8	3 6	—	
		23	1 16	12,5	12,2	2 52	—	
		19	1 4	13,4	13,2	2 40	—	
		21	1 8	13	12	—		

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer der Gruppe.		Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.		Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
XVII.	Ligatur an der Sinusgrenze. Schafserum; Druck 7 mm Hg.	7	—	22	22	14,4	—	38	—	Perioden lange schwankend, innerhalb enger Grenzen. Die Pulse, welche schliesslich die Pausen unterbrechen, wachsen in regelmässiger Weise an Zahl. Die Pulse aller Gruppen, ausser der dritten und vierten, sind von besonderen, bizarren Formen, so dass in ziemlich regelmässiger Weise Pulse von zwei verschiedenen Höhen einander folgen. Die hohen und die niedrigen Pulse bilden zwei annähernd parallele Treppen.
		10	—	28	21	17.	—	50	—	
		12	—	36	18,6	16	—	56	—	
		13	—	37	19	16,4	1	4	—	
		13	—	37	20	17	1	5	—	
		12	—	32	20	16,8	1	2	—	
		11	—	38	19	16,3	1	—		
		14	—	40	19,2	16	1	4	—	
		14	—	40	20	15,5	—	30	—	
		14	—	40	20,2	15,5	1	12	—	
		14	—	40	21	14,2	1	38	1	
		14	—	40	19	15	1	34	1	
		15	—	42	19	14,5	1	18	1	
		15	—	46	19,5	16	1	10	1	
		15	—	46	19	14,6	1	4	1	
		14	—	46	19	14,8	—	46	1	
		14	—	50	19	14,7	—	51	1	
		14	—	52	14,5	9	1	6	2	
		15	—	52	14	7,5	1	16	3	
		16	1	—	13	8,5	1	14	3	
		16	1	—	11,5	8,5	1	12	3	
		15	—	58	11,5	8	1	30	4	
		14	—	52	11,5	11,5	1	40	5	
		14	—	52	12	8,5	1	40	5	
		9	—	36	12	11,5		—	—	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.		Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.		Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
XVIII.	Ligatur an der Grenze des sinus venosus. Blutiges Schafserum; Druck 5 mm Hg. Das Herz ist ungewöhnlich durchlässig.	49	1	26	19,6	16,5	1	28	—	Die Perioden nehmen ab. Die Frequenz der Pulse ist ungewöhnlich gross. Die gegen die Abscisse convexe Abfallscurve der Gruppen wird flacher im weiteren Verlaufe. Diese Erscheinung ist verursacht durch das sauerstoffhaltige Blut, welches dem Serum beigemengt ist, und indem es schnell durch die Herzwand filtrirt diese stets mit frischem Serum versieht.
		61	2	6	21	15,5	1	30	—	
		38	1	6	20,5	15,3	1	18	—	
		44	1	33	20,5	14	1	30	—	
		44	1	24	19,5	13,5	1	28	—	
		41	1	18	19	13,2	1	28	—	
		37	1	12	18,4	16	1	26	—	
		31	1	2	17,2	13	1	20	—	
		26	—	52	16,6	12,5	1	16	—	
		22	—	46	15,6	13,5	1	10	—	
		18	—	36	17	13,8	1	2	—	
		16	—	32	16,4	14	1	—	—	
		15	—	28	15,5	13,5	—	54	—	
		14	—	28	15	13,5	—	56	—	
		13	—	26	14,5	13,5	—	56	—	
		12	—	24	14,2	13,1	—	38	—	
		10	—	24	13,5	13	—	56	—	
		2	—	24	13,5	13	—	42	—	
		9	—	20	13,3	13	—	50	—	
		10	—	22	12,5	11,5	—	52	—	
		9	—	20	12,2	11,5	—	52	—	
		9	—	22	11	11	1	12	1	
		8	—	18	12	11	1	10	1	
		7	—	17	11,5	11	1	7	1	
		6	—	16	11,4	11,3		—	—	
XIX.	Ligatur an der Grenze des sinus venosus. Blutiges Schafserum; Druck 3,2 mm Hg.	23	1	45	18,2	16,3	—	30	2	Perioden von wechselnder Grösse, Gruppen länger als gewöhnlich, Pausen verhältnissmässig kurz. Die Einzelpulse finden sich in den ersten und letzten Pausen. In den Gruppen bemerkt man dieselben Eigenthümlichkeiten wie in dem vorigen Beispiele.
		62	2	48	18	13	—	48	1	
		44	2	—	?	11,6	—	58	1	
		52	1	56	14,5	9,5	1	4	—	
		45	1	40	14	10,2	1	22	—	
		42	1	36	15,2	11	1	24	—	
		38	1	28	15,5	11,5	1	6	—	
		29	1	6	13,5	12,5	1	10	—	
		28	1	6	14	12	1	2	1	
		28	1	8	13,5	11	1	—	2	
		20	1	8	11,5	10,5	1	20	4	
		30	1	10	11,5	10	—	58	2	
		25	1	4	10	9,2	1	14	—	
		31	1	20	10	8	1	30	1	
		31	1	24	8	5	1	26	1	
		26	1	16	4,5	2	1	26	1	

No. des Experimentes.	Bedingungen des Versuchs.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe während einer Gruppe.	Minimale Höhe während einer Gruppe.	Dauer der Pausen.	Zahl der isolirten Contractionen.	Wesentliche Versuchs-Resultate.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
XX.	Ligatur an der Grenze des sinus. Blutiges Schafserum; Druck 3,0 mm Hg.	10	— 28	19,4	16	1 —	—	Perioden von schwankender Länge, jedoch anfangs zu-, dann abnehmend. Absteigende Treppe; erst sehr steil, endlich völlig verschwindend. Mittlere Höhe der Pulse wird in sehr regelmässiger Weise kleiner.
		11	— 32	16,5	14,6	1 24	—	
		14	— 40	16,5	14	1 54	—	
		15	— 44	16	13,6	2 16	—	
		17	— 50	16	13	1 8	—	
		17	— 52	16	13	2 44	—	
		24	1 8	15,5	13,5	2 32	—	
		29	1 26	15,5	13,5	3 12	—	
		24	1 24	15,5	13,5	3 8	—	
		31	1 30	16	12	3 2	—	
		30	1 30	15,5	11,8	3 6	—	
		29	1 30	15,4	11,5	2 2	—	
		27	1 28	13,3	11,5	2 24	—	
		28	1 32	14,5	11	2 50	—	
		29	1 38	14	11,5	2 50	—	
		28	1 36	14	11,3	2 20	—	
		27	1 36	14	11,3	2 6	—	
		26	1 36	12,5	11	2 10	—	
		28	1 40	12,3	10,5	1 54	—	
		26	1 36	11,4	10	1 42	—	
		25	1 30	11,4	10	1 34	—	
		23	1 34	11	10	1 46	—	
		?	?	11,5	?	?	—	
		?	?	?	9,5	1 30	—	
		19	1 14	10,6	8,8	1 30	—	
		16	1 —	10	8	1 14	—	
		13	— 50	9,6	8,5	1 6	—	
		10	— 38	9,4	8,5	— 50	—	
		9	— 30	9	8,5	— 56	—	
		7	— 30	9	8,5	— 56	—	
		4	— 22	8,5	8,5	— 48	—	
		7	— 34	8,5	7	— 30	—	
		3	— 20	7	4	— 20	—	

Aus den mitgetheilten Tabellen ist eine stricte Abhängigkeit der Gruppenbildung von dem Unterbindungsorte nicht deutlich zu ersehen. Nur ganz im Allgemeinen erscheint wahrscheinlich, dass, je höher über dem Atrioventrikularsulcus die Ligatur angelegt worden, desto länger die Gruppen und dafür die Pausen desto kürzer werden, was zum Theile mit dem Eckhard'schen Funde stimmen würde, dass der Herzstillstand desto länger dauert, je näher dem sulcus die Atrien durchschnitten worden sind.

In den Grenzen zwischen dem Mündungsrande des sinus venosus und dem sulcus atrio ventricularis sind die in den Tabellen angeführten Ligaturen bewerkstelligt, welche periodische Thätigkeit des Herzens zur Folge haben. Der genannte Effect tritt mit grösserer oder minderer Präcision, aber unfehlbar ein innerhalb der genannten anatomischen Grenzorte. In diesen selbst hat eine Ligatur zuweilen den beschriebenen Pulsrhythmus gar nicht zur Folge oder in unregelmässiger und ungewöhnlicher Form. So fanden sich in einem Falle nach Unterbindung im sulcus atrioventricularis statt der Gruppen nur einzelne Pulse, an Höhe allmälig abnehmend, durch lange, in weiterem Verlaufe verschwindende Pausen getrennt. In einem zweiten, analogen Falle (wo die Ligatur an einem Punkte ein Stückchen Ventrikel mit gefasst hatte) erschienen nach dem Anfalle Zwillingspulse (Fig. 24), von denen der erste meist höher als



Fig. 24. Untere Grenze des periodischen Rhythmus (Ligatur im sulcus, ein Stückchen Ventrikel mitgefasst).

der zweite, während die Pausen erst zunahmen, dann abnahmen. Die kleinen Gruppen zerfallen nach etwa 25 Minuten Dauer in Einzelcontractionen.

Dicht unter den sulcus um den Ventrikel eine Ligatur zu legen, ist mir wegen des gewulsteten Ventrikelrandes technisch unmöglich gewesen. Fällt sie etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2^{mm} unter den sulcus, so entsteht das *Bowditch*'sche Herzpräparat. Es folgt der Unterbindung unmittelbar ein Tetanus, der nur seltene kleine

oder auch gar keine Einzelpulse trägt. Darauf verharrt das Herz sogleich, oder nach wenigen Schlägen in Ruhe, reagirt aber natürlich auf Reize mit ausgiebigen Contractionen. Es zeigt sich also, dass mit der Unterbindung der Orte, wo die Atrioventrikularganglien liegen, die periodische Thätigkeit des Herzens aufhört, während noch mehrere Pulse der Ligatur folgen können.

Fig. 25. Obere Grenze des periodischen Rhythmus (Ligatur etwa in der Grenze des sinus venosus).

Andererseits fand ich nach Unterbindung an der Grenze des sinus venosus zwei Fälle, welche von der Regel abwichen. Im ersten zeigten sich Einzelcontractionen in ungleichen Abständen, welche von Zeit zu Zeit von langen Pausen unterbrochen werden. (Fig. 25.) — Im zweiten Falle beginnt die Herzthätigkeit mit vielen isolirten Contractionen; diesen folgen 15 Zwillingspulse, hierauf Gruppen aus fünf und sechs Pulsen bestehend, von unregelmässigen Pausen unterbrochen. Nach längerer Zeit lösen sich die Gruppen zu einzelnen Pulsen.

Wenn die Ligatur im sinus venosus 1 oder 1,5 ^{mm} oberhalb der Grenze applicirt wird, so stellt sich nach einer Reihe sehr frequenter Pulse, die öfter eine bizarre Form haben, der Herzschlag in fast normaler Weise wieder her, doch wird er immer schwächer und seltener, indem sich das Herz der Erschöpfung nähert.

Es scheinen demnach die Ganglienhaufen im septum, in der Nähe des sinus venosus, wo die Vagus-Aeste sich theilweise kreuzen (Ludwig und Bidder) mit der oberen Grenze des Districtes zu coincidiren, innerhalb dessen eine Ligatur periodische Herzthätigkeit auslöst.

Aus dem Gesagten folgt, dass die periodische Thätigkeit des Herzens abhängig ist von einer anomalen Functionsart der automatischen Erreger.

Es fragt sich, welche ist die Ursache dieser Aenderung des

normalen Herzrhythmus? Welche Einflüsse unterhalten diese periodische Function? Dies wollen wir jetzt erläutern:

Die erste Frage ist leicht zu beantworten. Wir wissen, dass die Ligatur die Herztheile reizt und trennt. Der erste Effect ist durch die kurze Anfallzeit bezeichnet, die folgende, periodische Thätigkeit des Herzens ist veranlasst durch die Trennung der Herztheile. Um zu beweisen, dass die Trennung, nicht bleibende Reizung, die Perioden verursache, sind besondere Experimente angestellt worden.

Es wurde eine zweite, ablösbare Ligatur möglichst weit unter der ersten angelegt, ihr folgte ein Tetanus, welcher durch Lösung der Schleife zum grössten Theile aufgehoben werden konnte (s. Fig. 11). Jetzt wurde eine dritte Ligatur zwischen der ersten und der zweiten applicirt, ohne dass sie einen Unterbindungstetanus hervorrief. Hierdurch ist bewiesen, dass die Ligatur die nervösen Gebilde, welche sie umfasste, gelähmt und ihre Leitungsfähigkeit aufgehoben hat; damit sind also die oberhalb derselben gelegenen Abtheilungen ihres Einflusses auf den Ventrikel beraubt.

Nachdem wir nunmehr die erste Bedingung für das Zustandekommen der Perioden kennen gelernt, und erkannt haben, dass kein festes Verhältniss zwischen der Lage der Unterbindung innerhalb der wirksamen Sphäre und der Thätigkeits-Aenderung des Herzens besteht, wollen wir prüfen, ob unsere eigenthümliche Bewegungsart sich nicht durch Aenderung anderer äusserer Einflüsse (wie des Serum, Druckes und der Temperatur) modificiren lässt.

Die Wirkungen des Serum haben wir im ersten Theile betrachtet, soweit sie zur Erklärung des eigenthümlichen Charakters des Anfalls dienen konnten und haben gefunden, dass jenes die Pulse höher und schneller macht, häufig nach einem Stadium latenter Wirkung, dass aber sein Effect schnell abnimmt und einigermassen sich ändert. Auch während der periodischen Thätigkeit habe ich den Einfluss des Serum auf das Herz geprüft, indem ich, zum Theil nach der Vorschrift von *Goltz* das Verhalten des Herzens bei Luftabschluss und Luftzutritt untersuchte. Um den Effect recht deutlich und vorwurfsfrei zu erhalten, habe ich zwei Herzen gleichzeitig beobachtet, von denen das eine $1/2$ Stunde lang (so lange währte der Umgang

der Trommel) seine Arbeit am Apparat verrichtete, während das andere, schlaff mit Serum gefüllt, unter Oel pulsirte. Nachdem das erste Herz einen Trommel-Umfang vollgeschrieben, musste es mit dem zweiten den Platz tauschen und eben so lange unter Oel seine Contractionen ausführen, bis ein neuer Turnus es erlöste. Die Pulse des Oelherzens wurden vom Beobachter möglichst genau unter die dem Momente entsprechende Abscissenstelle der Arbeitscurve des am Kynographion registrirenden Herzens notirt. So konnte man die Thätigkeit des theilweise seinen Inhalt erneuenden Herzens mit der eines andern, das ohne Serumspeisung arbeitete, vergleichen. Als eine constante Erscheinung ist zu bemerken, dass die Ruhezeiten des Oelherzens bedeutend, oft um das Doppelte länger dauerten, als diejenigen des Serumherzens. Die Gruppen der Perioden des Oelherzens waren in der Regel kürzer, als diejenigen des Serumherzens. Die ersten Gruppen nach der Serumerneuerung zeigen häufig einen besonderen Erregungszustand des Herzens an, indem viele Diastolen nicht bis zur Abscisse herabreichen; es verbleibt eine Art partieller Tetanus, welchem häufig ein vollkommener vorausgeht, auf dem die Einzelpulse sich nicht anzeichnen.

Einige Tabellen mögen für das Gesagte als Beleg dienen.

Tabellen zur Erläuterung des Einflusses von Serum auf die periodische Thätigkeit.

Bedingungen des Versuchs.	Position des Herzens.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.		Maximale Höhe der Gruppen.	Minimale Höhe der Gruppen.	Dauer der Pausen.		Einzelpulse während der Pausen.	Erklärungen und Bemerkungen.
			Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
I. Ligatur 2 mm über dem sulcus. Kaninchen-serum; Druck 8 mm Hg.	Am Apparate	38	1	32	17	14	4	—	—	Die erste Gruppe beginnt sogleich nach dem Anfall.
		31	2	10	15	13,5	3	40	—	
		29	2	5	15	13,6	?		—	
	Unter Oel	?	1	—	—	—	6	40	—	
		18	1	25	—	—	9	10	—	
		13	1	10	—	—	?		—	
	Apparat	16	1	10	20	16	3	40	—	Die erste der neuen Gruppen enthält Pulse, deren Diastolen anfänglich hoch über der Abscisse bleiben, allmälig in dieselbe sinken.
		16	1	20	17,5	15,5	2	45	—	
		16	1	15	16	15	3	25	—	
		15	1	15	15,5	14,8	4	10	—	
		15	1	20	15	14	5	10	1	
		15	1	20	14,5	13,5	?		—	
	Oel	11	1	5	—	—	6	50	—	Die erste Gruppe des Oelherzens beginnt nach sehr langer Pause.
		15	1	8	—	—	4	40	—	
		16	1	5	—	—	4	30	—	
		12	1	—	—	—	?		—	
	Apparat	7	—	40	11	10	1	20	—	Sogleich hebt ein Tetanus des Herzens ohne aufgesetzte Pulse an, in der Form einer Curve, die steil aufsteigt, sanft abfällt, von 13 mm maximaler Höhe und 1' 50" Dauer. Die Diastolen der ersten zwei Gruppen erreichen erst nach mehren Pulsen die Abscisse.
		16	1	15	15	13	—	55	—	
		46	4	—	14,5	12	—	30	—	
		14	1	45	12,5	12	1	15	—	
		13	1	34	11,5	11,5	1	30	—	
		12	1	30	11,2	11	1	25	—	
		10	1	25	11	11	1	25	—	
		8	1	30	10	10	?		—	
	Oel	5	—	40	—	—	2	30	—	Nach einer mässigen Pause.
		5	—	30	—	—	3	20	—	
		9	—	45	—	—	2	50	—	
		10	—	30	—	—	2	45	—	
		9	—	45	—	—	?		—	
	Apparat	7	—	40	10	11	—	32	—	Tetanus wie oben continuirlich 15" aufsteigend, 1' 20" abfallend. Maximale Höhe 8 mm. — Hiernach folgt eine Pause von 3' 10", von sieben kaum merklichen Pulsen unterbrochen.
		6	—	35	12	12,3	—	38	—	
		5	—	38	11,8	12	—	36	1	

Bedingungen des Versuchs.	Position des Herzens.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe der Gruppen.	Minimale Höhe der Gruppen.	Dauer der Pausen.	Einzelpulse während der Pausen.	Erklärungen und Bemerkungen.
			Min Sec	mm	mm	Min. Sec.		
II. Ligatur 2 mm über dem sulcus. Kaninchenserum, Druck 5 mm Hg.	Am Apparate	4	— 25	12	12	1 10	2	Nach der Anfallsphase.
		7	— 40	12,2	12	1 10	1	
		11	— 50	12,2	11,8	1 10	—	
		14	1 10	12,5	11,5	1 40	—	
		17	1 20	10,5	11,5	2 —	—	
		20	1 22	12,5	11,5	2 25	—	
		22	1 35	12	11,2	?	—	
	Unter Oel	13	1 10	—	—	4 —	—	Nach ziemlich langer Pause.
		16	— 45	—	—	4 50	—	
		17	1 30	—	—	7 15	—	
		15	1 20	—	—	?	—	
	Apparat	5	— 30	10	12,5	2 10	—	Die Verbindungslinie der Diastolentiefen stellt eine gegen die Abscissenlinie concave Curve dar.
		14	1 15	10	10	1 50	—	
		18	1 30	10,5	10	2 20	—	
		17	1 20	10	10	2 20	—	
		16	1 15	9,8	9,8	2 33	—	
		15	1 15	9,5	9,5	2 45	—	
		14	1 10	9,5	9,5	3 —	—	
		13	1 10	9,2	9,2	?	—	
	Oel	8	1 —	—	—	5 10	—	Nach langer Pause.
		13	1 —	—	—	14 —	—	
	Apparat	6	— 30	7,5	8,5	1 35	2	Nach 2' 30" kommt die erste Gruppe zum Vorschein, mit leicht tetanischem Charakter.
		11	1 10	8,8	8,8	1 15	1	
		10	1 —	8,5	8,5	1 25	1	
		9	— 58	8,5	8,5	1 30	1	
		9	1 —	8,4	8,4	2 —	2	
		7	— 50	8	8	2 —	2	

Bedingungen des Versuchs.	Position des Herzens.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe der Gruppen.	Minimale Höhe der Gruppen.	Dauer der Pausen.	Einzelpulse während der Pausen.	Erklärungen und Bemerkungen.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
III. Ligatur 3,5 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 5,6 mm Hg.	Am Apparate	14	— 50	16	14	2 28	—	Nach langem Anfall.
		18	— 58	17	14	2 43	—	
		15	— 50	17	14	?	—	
	In Oel	?	1 10	—	—	7 30	—	
		15	— 58	—	—	?	—	
	Apparat	10	— 30	9	16	2 —	—	Die erste Gruppe zeigt die aufsteigende Treppe (durch Tetanus veranlasst).
		15	— 45	18,5	15,5	1 35	—	
		19	1 8	17,5	15	1 50	—	
		20	1 12	17	14,6	2 —	—	
		23	1 22	16,5	14	2 15	—	
		24	1 28	16	13,5	2 30	—	
		25	1 30	15,5	13,2	2 48	—	
		24	1 30	15,3	13	?	—	
	Oel	27	1 30	—	—	2 46	—	Nach langer Pause.
		26	1 30	—	—	3 —	—	
		21	1 30	—	—	3 40	—	
		16	1 10	—	—	4 30	—	
		11	1 —	—	—	?	—	
		.	.	.	.	.	.	
IV. Ligatur 2 mm über dem sulcus. Schafserum Druck 6,0 mm Hg.	Am Apparate	7	— 30	18	17	2 10	1	Nach dem Anfall.
		11	— 40	19	17,5	2 20	1	
		10	— 40	20	18	2 55	1	
		10	— 35	20	18	1 40	—	
		12	— 40	21	18	1 40	—	
		12	— 40	21	18	1 55	—	
		13	— 45	21,2	18	2 10	—	
		13	— 45	20,5	18	?	—	
	In Oel	28	1 50	—	—	4 50	1	Nach einer Pause von 1 Minuten.
		26	1 30	—	—	3 30	—	
		28	1 50	—	—	9 —	—	
		.	.	.	.	.	.	

Bedingungen des Versuchs.	Position des Herzens.	Zahl der Pulse in einer Gruppe.	Dauer einer Gruppe.	Maximale Höhe der Gruppen.	Minimale Höhe der Gruppen.	Dauer der Pausen.	Einzelpulse während der Pausen.	Erklärungen und Bemerkungen.
			Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
V.	Am Apparate	25	1 5	21	16	2 50	—	Nach dem Anfalle.
Ligatur 3 mm über		25	1 10	19	15,5	4 20	—	
dem sulcus.		27	1 15	17,5	14,5	4 30	—	
Schafserum;		32	1 25	17	14,5	4 40	—	
Druck 3,0 mm Hg.	In Oel	?	1 —	-	-	6 —	—	
		31	1 35	—	—	9 —	—	
	Apparat	22	1 5	17	11	3 10	—	Die Diastolen der ersten Gruppe erreichen die Abscisse nicht.
		34	1 40	17	14	3 40	—	
		33	1 48	16	14	3 48	—	
		32	1 50	14,6	13	4 6	—	
		29	1 35	14	12,6	?	—	
	Neues Serum	30	1 30	17	14,2	2 30	—	Nach einer Pause von 2' 30".
		29	1 35	17	14,6	2 40	—	
		28	1 40	16,5	14,2	2 52	—	
		26	1 22	16	13,5	3 38	—	
		26	1 34	14	12	4 —	—	
		.	.	.	.	.	.	

Dass die Unterschiede zwischen dem Bewegungsmodus der Oel- und der Serumherzen nicht dem lähmenden Einflusse des Oeles, sondern nur dem durch die Bewegung öfter erneuten Serum zuzuschreiben sind, dafür spricht der Umstand, dass ein am Apparate arbeitendes Herz, in Oel versenkt, ebenfalls in beträchtlich kürzeren Intervallen pulsirt, als wenn es erschlafft, vom Apparate getrennt unter Oel gebracht ist.

Ein deutlicher Effect des frischen Serum wird auch sichtbar, wenn man mit demselben ein registrirendes Herz füllt, nachdem ihm zuvor das gebrauchte Serum entzogen worden ist. Unter diesen Umständen sieht man, dass in Folge des erneuten Serum die Pulse innerhalb der Gruppen zahlreicher und häufiger werden, dass die mittlere Höhe der Excursion beträchtlich wächst, dass die absteigenden Treppen steiler abfallen und die Pausen kürzer werden. Die folgende Figur (26) enthält zwei Gruppen, die erste vor der totalen Serumerneuerung, die zweite nach derselben.

Drei Fälle besitze ich, in welchen sogleich nach Eintritt der Krisis das Serum erneuert worden ist. In dem ersten derselben



Fig. 26. Zwei Gruppen; die rechts, vor; die links unmittelbar nach Erneuerung des Serum.

machte es die Pulse höher und die Intervalle unregelmässig; im zweiten Falle werden die vergrösserten Contractionen zugleich viel häufiger, fallen aber schnell an Höhe ab (s. Fig. 12, die schon im ersten Theile gegeben worden ist); im dritten Falle wachsen die Höhen noch beträchtlicher als früher (von 14^{mm} bis $17{,}8^{mm}$), erst nach 4′ 3″ haben sie in gleichmässigem Ermüdungsverlaufe wieder die frühere Höhe erreicht. Die Diastolen der ersten fünf Pulse gelangen nicht auf die Abscisse, obwohl die Intervalle (von 12″) grösser sind, als die der Serumrenovation vorausgegangenen Contractionen, bei der in etwa 8″ Intervall die Diastolen einander folgten. Die Frequenz wächst darauf allmälig, bis sie einen höheren Werth erlangt hat, als sie vor der Serumwirkung besessen und nimmt dann gradatim bis zur Herzerschöpfung ab.

Diese Thatsachen sprechen dafür, dass man nicht in dem Serum die Ursache der periodischen Thätigkeit suchen darf, sondern in dem trennenden Einflusse der Ligatur. —

Wir wenden uns nunmehr zur Wirkung der Temperatur, deren Einfluss ein sehr ausgeprägter und constanter ist.

Die erste Frage, die hier gestellt wird, lautet: Wie verhält sich die Periodizität bei abnorm hohen oder niedrigen Temperaturen, deren Werth jedoch während der Thätigkeit constant bleibt? Die zweite Frage ist: Welche Störungen verursacht ein schroffer oder allmäliger Temperaturwechsel?

Zuvörderst ist bemerkenswerth, dass in meinen Versuchen das Herz nur selten eine Erwärmung des umgebenden Serum

bis auf mehr als 30° Cels. ertrug. Als hohe Temperaturen bezeichne ich im Folgenden diejenigen von + 24° bis + 27° C., als niedere von + 4° bis + 7° C.

Unter dem Einflusse hoher Temperaturen erhält sich der Charakter der periodischen Thätigkeit im Allgemeinen; nur ist der Verlauf ungewöhnlich kurz, und zwar sind gleichmässig Pausen und Gruppen verkürzt. Die nachstehende Figur (27)

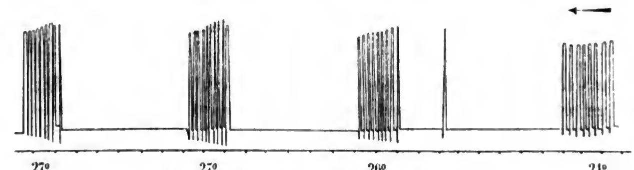


Fig. 27. Wirkung des Ansteigens der Temperatur.

giebt ein Bild von Gruppen, welche während einer Temperatur von 24°, 26° und 27° entstanden sind. Man bemerkt die beträchtliche Pulsfrequenz, welche jedoch immer der angegebenen Regel der Vermehrung gegen die Mitte zu folgt; sodann fällt die Verlängerung der diastolischen Curventheile unter die Abscisse auf.

Es ist keineswegs diese Verlängerung abhängig von einer besonderen Höhe der Quecksilbersäule im Manometer, welche wegen des hohen Falles in der Diastole die starke Verlängerung bedinge, sondern es verhält sich in diesem Falle das Herz ähnlich, wie die von *Kronecker* beobachteten, quergestreiften willkürlichen Muskeln, welche »Ueberdehnung« zeigten, wenn sie belastet, in frischem Zustande auf eine mittlere Höhe sich contrahirten, während auch bei grösseren Zuckungen des einigermassen ermüdeten Muskels (dessen Zuckungsdauer gewachsen war) jene Ueberdehnung nicht mehr zu bemerken war. Es muss demgemäss auch in unserm Falle die Erschlaffung des Herzens schneller vollendet sein, als der freie Fall des Quecksilbers.

Die Geschwindigkeit, welche die absinkende Quecksilbersäule erlangt hat, wenn sie die Gleichgewichtslage passirt, ist sodann die Ursache des negativen Ausschlages der Pulscurven. In der That habe ich auch Pulse von beträchtlicher Höhe erhalten, deren Diastole die Abscisse nur erreichte, während minder

umfangreiche des gleichen, erwärmten Herzens nach unten die Abscissenlinie überschritten.

Was den Bau der Gruppen unter dem Einflusse höherer Temperatur betrifft, so können wir wahrnehmen, dass die mittlere Frequenz der Contractionen nicht wesentlich wächst; dass jedoch die Differenzen in der Häufigkeit der centralen und peripheren Pulse einer Gruppe immer beträchtlicher werden. Der mittlere Werth der Pulsexcursion mindert sich in ziemlich regelmässiger Weise von Gruppe zu Gruppe. Die Höhe der Pulse verläuft innerhalb der ersten Gruppen als absteigende Treppe; später ist nicht mehr der erste Puls der Periode der maximale derselben, sondern erst der zweite oder dritte, so dass die Höhencurve der letzten Gruppen aus einem ersten kürzeren aufsteigenden und aus einem zweiten, mit beschleunigter Geschwindigkeit absteigenden, längeren Theile besteht, wie aus Fig. 28

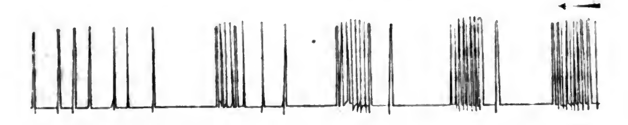


Fig. 28. Letzte Gruppen vor der Phase der Krisis bei einer Temperatur von 27°.

ersichtlich. Die Verbindungslinie der Ueberdehnungstiefen (diastolische Treppe) nähert sich an der ersten bis zur letzten Gruppe immer mehr der Abscisse, bis sie schliesslich kaum angedeutet erscheint oder gänzlich verschwunden ist.

Die Phase der Krisis ist sehr kurz; auch wenn kein Wärmetetanus allen Herzpulsen ein Ende macht.

Bei niederer Temperatur (4—7°) verhält sich die Herzthätigkeit von der eben beschriebenen sehr verschieden. Die Perioden sind, wenn nicht ganz verschwunden, so doch wesentlich alterirt. Die Gruppen erscheinen gelöst, die sehr distanten Einzelcontractionen füllen gleichmässig die Pausen. Sehr selten sammeln sich mehrere kleinere Pulse zu einer Gruppe mit absteigender Treppe von einer kaum merklichen Neigung. Die Höhe aller Pulse des abgekühlten Herzens nimmt ziemlich regelmässig, aber wenig ab. Die Intervalle wachsen, bis sie nach 3 bis 4 Stunden ausserordentlich lang werden (etwa 3 Minuten). Somit steht der Arbeits-

verlauf des erwärmten, fast durchweg im Gegensatz zu dem des abgekühlten Herzens.

Auch der Verlauf eines Einzelpulses des erwärmten Herzens ist wesentlich verschieden von dem eines abgekühlten. Die Fig. 29 zeigt die zwei entsprechenden Curven. Curve *A*

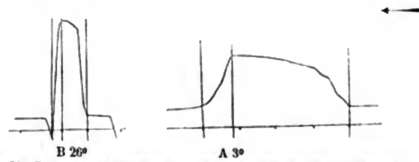


Fig. 29. Curve der Zuckungen bei hoher und bei niederer Temperatur.

ist bei + 3° gewonnen, *B* hat das gleiche Herz bei + 26° gezeichnet. . Die Dauer der ersten Zuckung war 4″, die der zweiten 1″. Jene erreichte die Höhe von 11,8^{mm}, diese von 18^{mm}. Die Diastole des erstgezeichneten Pulses fällt in zwei Abtheilungen von wesentlich verschiedener Geschwindigkeit ab, die des erwärmten Herzens einfach, mit gleichmässiger Geschwindigkeit, bis sie ein Stück unter der Abscisse Halt macht, um bald zur selben zurückzukehren. — Die Dauer der Systole des kalten Herzens ist drei Mal länger, als die seiner Diastole, während die Zeit der Zusammenziehung des warmen Herzens nur doppelt so gross ist, als die der Ausdehnung.

Veränderungen der Temperatur von wenigen Graden prägen sich sehr deutlich im Verlaufe der periodischen Thätigkeit des Herzens aus. Die Perioden des erwärmten Herzens werden kürzer, die Gruppen und Pausen nehmen gleichmässigen Antheil an der Verkleinerung; doch bleibt die Anzahl der Pulse einer Gruppe ziemlich constant. Es werden demgemäss die Contractionen frequenter und schneller. Die mittlere Höhe der Gruppen wächst anfangs, nimmt später bis zur Krisis ab.

Wenn die Temperatur während der Vollendung einer Gruppe ziemlich constant bleibt, so bilden, wie schon gesagt worden, die Pulshöhen eine absteigende Treppe, welche ausgesprochener ist beim erwärmten Herzen. Da nun die Erwärmung die Contractionen vergrössert, so nimmt, wenn die Wärme während einer Gruppe beträchtlich emporgeht, die absteigende Treppe an Steilheit ab oder wird selbst zur aufsteigenden. —

Ebenso sieht man bei fortschreitender Erwärmung die Diastolen sich unter die Abscisse senken und immer weiter sich nach unten verlängern. Diese Verlängerung schwindet allmälig mit der zunehmenden Ermüdung.

Die Effecte der Abkühlung sind entgegengesetzt denen der Erwärmung. Die Perioden werden länger, jedoch nehmen hieran die Gruppen etwas beträchtlicheren Antheil als die Pausen. Die Einzelpulse werden niedriger und seltener, die Zahl derselben innerhalb einer Gruppe ändert sich nicht wesentlich. Die mittlere Höhe nimmt in regelmässiger Weise ab. Die absteigende Treppe wird steiler, wenn die Abkühlung während der Gruppe sehr schnell erfolgt. Sie ist flacher bei allmäliger Abkühlung und noch geringer bei niedriger, constanter Temperatur. Die Pulscurven fallen nicht unter die Abscisse, sondern erreichen dieselbe, wie wir wissen, mit sehr geringer Geschwindigkeit.

Gleicher Weise wie von der Zimmerwärme kann man, von niedriger oder hoher Temperatur ausgehend, durch Erwärmung oder Abkühlung die beschriebenen Resultate erhalten und zwar, wegen des schrofferen Wechsels um so entschiedener. — Die nebenstehende Fig. 30 zeigt den Effect einer schnellen Abkühlung.

Um die vorausgehende Darstellung durch Zahlenwerthe zu belegen, lasse ich einige Tabellen folgen.

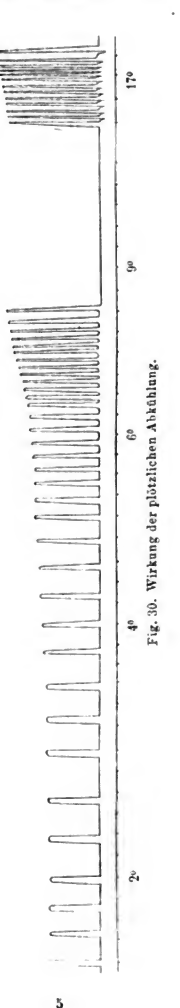


Fig. 30. Wirkung der plötzlichen Abkühlung.

Tabellen zur Erläuterung des Einflusses der Temperatur auf die periodische Thätigkeit.

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt: während der Gruppen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt: während der Pausen.	Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.		Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.		Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen.
	°C.	°C.		Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
I. Ligatur 2 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 6,1 mm Hg.	23—24	24—26	8	—	28	19,2	18,5	1	16	1	Absteigende Treppe. Diastolen reichen unter die Abscisse.
	26	27	9	—	18	20,9	20,5	—	58	—	Absteigende Treppe. Diastol. Verlängerungen werden kleiner.
	27	»	10	—	20	21,8	20	—	58	—	Die ersten 2 bis 4 Pulse bilden eine aufsteigende, die andern eine absteigende Treppe. Die Verbindungslinie der diastolischen Enden jeder Gruppe ist beinahe gerade und steigt immer weniger steil zur Abscisse auf, bis sie in den letzten Gruppen mit der Abscisse völlig verschmolzen ist.
	»	»	9	—	20	21,5	19,5	1	2	1	
	»	»	7	—	18	12,3	19,5	1	2	1	
	»	»	7	—	20	21	19,7	—	48	—	
	»	»	7	—	20	21	19,7	—	46	—	
	»	»	11	—	26	20,5	19	—	44	—	
	»	»	11	—	28	20	19	—	36	—	
	»	»	12	—	26	20	19	—	32	—	
	»	»	12	—	28	20	18,8	—	30	—	
	»	»	12	—	28	19,5	18,8	—	30	—	
	»	»	12	—	28	19,5	18,5	—	28	—	
	»	»	12	—	28	19,5	18,5	—	26	—	
	»	»	11	—	26	19,5	18,8	—	25	—	
	»	»	10	—	25	19,3	18,5	—	32	1	
	»	»	8	—	16	19,3	18,5	—	35	1	
	»	»	8	—	16	19,3	18,3	—	40	2	
	»	»	6	—	14	18,6	18	—	30	—	
	»	»	17	4	5	18	15	—		—	Diese Gruppe ist fast völlig gelöst, deren Pulse immer niedriger und seltner werden, bis das erschöpfte Herz völlig erstarrt.
II. Ligatur 3 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 15,0 mm Hg.	21	21	28	—	52	23,5	20	1	54	—	Absteigende Treppe. Die Diastolen erreichen gerade die Abscisse.
	»	»	28	1	2	22,3	19,5	2	22	—	
	»	»	30	—	56	20,5	19	3	12	—	
	»	21—31	26	—	58	20,5	19	3	32	—	
	31	31	21	—	50	24	22	2	—	—	Die ersten drei Pulse bilden aufsteigende, die andern absteigende Treppe. Die ersten Diastolen reichen unter, die späteren bis an die Abscisse.
	30	30	20	—	40	25,2	23,2	1	2	—	
	»	»	21	—	48	25	23	—	38	—	

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt: während der Gruppen.	während der Pausen.	Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.	Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.	Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen.
	°C.	°C.		Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
	30	30	16	— 38	24	23,5	— 27	—	Die zweite Pulsexcursion ist die maximale. Alle Diastolen erreichen nur die Abscisse.
	"	"	12	— 32	23,8	23	— 45	—	
	"	"	11	— 30	23,4	22,3	1 3	—	
	"	30—25	16	— 46	22	18,3	— 46	—	
	25—20	20—15	13	— 40	17	13	— 45	—	
	15—14	14—13	10	— 38	13,2	11,5	1 38	—	
	13—10	10—11	12	1 6	11,8	10,2	2 15	—	Absteigende Treppe. Die Diastolen senken sich nicht unter die Abscisse.
	11	11	10	1 16	10,3	10	—	—	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
III. Ligatur 3 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 4,6 mm Hg.	19	19—15	13	— 36	20,5	18	5 30	4	Absteigende Treppe. Diastolen nicht vertieft.
	15—14	14—8°	2	— 6	16	16	1 16	—	Pulsexcursionen gleich hoch. Diastolen nicht vertieft.
	8—7	7—5	2	— 8	15,3	15,3	1 25	—	
	5	5—4	2	— 8	14	14	1 30	—	
	4	4	2	— 10	13	13	1 28	—	
	"	"	2	— 22	13	13	1 22	—	
	4—5	—	36	44 10	13	9	—	—	Lange Reihe ziemlich seltner, gleich distanter Pulse ohne Gruppenscheidung.
	5—6	6	6	1 —	11	11,2	— 46	—	Flache aufsteigende Treppe.
	6	6—5	11	1 12	11,3	11	5 —	—	Flache absteigende Treppe.
	5—6	—	35	33 —	11,2	10	—	—	Reihe von Pulsen mit langen, gleichen Intervallen.
	6—5	5	6	1 —	11	10,8.	4 30	—	Flache absteigende Treppe.
	5—4	—	57	159 —	11,3	11	—	—	Reihe von Pulsen mit gleichen, langen Intervallen.
	5	5	25	3 —	9,5	8	16 20	—	Absteigende Treppe.
	5—6	—	14	40 —	10	9	—	—	Sehr distante Pulse, nicht gruppirt.
	5	5—4	18	1 40	10	8	13 —	—	Absteigende Treppe.
	4—2	—	52	280 —	10	7	—	—	Pulse in sehr grossen, unregelmässigen Intervallen.
	2—30	—	23	70 —	7,5	10	—	—	Pulse an Hohe und Häufigkeit zunehmend.

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt — während der Gruppen.	während der Pausen.	Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.	Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.	Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen.
	°C.	°C.		Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
IV.	24—23	23	5	— 15	18	18,5	1 25	1	Alle diese Gruppen enthalten anfänglich verlängerte Diastolen.
Ligatur	23	»	7	— 22	20	18	1 34	—	
0,5 mm über	»	23—22	5	— 17	19,5	17,5	2 8	—	
dem sulcus.	22	22—20	6	— 16	18	17	2 42	—	
Schafserum;	18—17	17—7	6	— 20	17,6	16,6	2 20	—	
Druck 5,0 mm Hg.									
	7—5	5—4	6	— 32	16	14,5	2 —	—	Absteigende Treppe. Diastolen nicht verlängert.
	4 − 3	3—27	10	10 20	13,5	11	4 20	—	Gruppe gelöst in sehr distante Pulse.
	27	27	8	— 20	13,6	17,3	3 12	—	Aufsteigende Treppe. Erste Diastolen reichen unter die Abscisse.
	»	»	8	— 18	19	17,5	3 6	—	Absteigende Treppe von der zweiten Pulshöhe ab. Erste Diastolen verlängert unter die Abscisse.
	»	27—22	8	— 18	18,8	17,3	3 6	—	
	22	22—20	8	— 22	17,2	15,6	?	—	
	20	20	11	— 38	18,2	15,5	3 48	—	Absteigende Treppe. Erste Diastolen reichen unter die Abscisse.
	»	»	9	— 48	17,2	15,2	3 34	—	
	20—21	21 − 6	11	— 42	16,5	14,4	3 —	—	
	6 − 5	5—4	12	1 24	14,3	12,6	3 15	—	Absteigende Treppe. Keine diastol. Verlängerungen.
	4	4	2	— 20	11,5	11,5	1 —	—	Pulshöhen fast gleich hoch. Diastolen nicht vertieft unter die Abscisse.
	»	»	2	— 26	11,4	11,4	1 48	1	
	»	4—29	6	1 14	11,4	11,2	3 42	1	
	29	29—30	3	— 14	17,5	15,6	1 22	—	Der zweite Puls ist der maximale. Die ersten Diastolen sind verlängert. Nach der letzten Temperatursteigerung erstarrt das Herz.
	30—31	31	6	— 13	19,4	17,2	1 16	—	
	31	30	5	— 10	19	18	1 20	—	
	30	»	4	— 8	18,5	17,8	1 12	—	
	30—31	31—40	5	— 8	18,8	16,8	?	—	

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt		Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.	Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.	Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen.
	während der Gruppen.	während der Pausen.							
	°C.	°C.		Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
V. Ligatur 4 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 7 mm Hg.	21	21	13	— 40	18	17	2 16	—	Absteigende Treppe, welche in den späteren Gruppen immer flacher wird. Diastolen erreichen die Abscisse.
	»	»	17	— 56	17,5	16,5	2 18	—	
	»	21—10	19	1 2	17,2	15,8	2 14	—	
	10—5	5—4	20	1 50	15	12,5	3 —	—	
	4—3	3	18	3 45	12,5	11,2	2 50	—	
	3	»	14	3 50	11	10,8	3 25	—	
	3—7	7—16	12	2 55	11,2	11,8	3 40	—	Flache aufsteigende Treppe. Diastolen erreichen die Abscisse.
	16—17	17—19	16	1 32	14,5	15	3 10	—	
	19	19—20	15	1 10	16	15,5	2 50	—	Absteigende Treppe. Diastolen nicht vertieft.
	20	20—21	14	1 6	15,8	15,2	2 26	—	
	21	21	12	— 50	15,8	15,4	2 4	—	
	22	23—24	13	— 44	15,8	14,7	1 54	—	
	24	25	20	— 52	16	15	?	—	
	25	»	12	— 38	16	14	— 30	—	Die vierte oder fünfte Pulshöhe ist die maximale. Alle Diastolen reichen unter die Abscisse.
	»	»	4	— 16	14,5	14,8	— 26	—	
	26	26	7	— 30	14,5	14,7	— 25	—	
	27	27	10	— 40	14	14,2	— 34	—	
	»	»	11	— 36	14	15	— 54	—	
	»	28	11	— 42	13	14	1 4	—	
	28—29	29—6	18	1 4	11	8	—	—	Die ersten Diastolen erreichen die Abscisse, die späteren bleiben immer unvollkommner, bis endlich ein ausgesprochner Wärmetetanus das Quecksilber für 7 Minuten 10,5 mm über der Abscisse hält; danach findet sich das Herz leblos.

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt: während der Gruppen.	während der Pausen.	Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.	Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.	Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen
	°C.	°C.		Min. Sec.	mm	mm	Min. Sec.		
VI. Ligatur 3,5 mm über dem sulcus. Schafserum; Druck 9,0 mm Hg.	8—10	10—12	16	2 14	12,5	14	4 4	—	Aufsteigende Treppe. Diastolen bis Abscisse.
	13	13—15	9	1 2	18	16,5	2 15	—	Absteigende Treppe. Diastolen bis Abscisse.
	15—17	17—21	10	— 58	19	17	1 50	—	
	21	21—22	8	— 32	20,5	19,5	1 22	—	Absteigende Treppe von stets sich mindernder Neigung. Die diastolischen Verlängerungen wachsen bis zur vierten dieser Gruppen, nehmen dann wieder ab. Dabei sind stets die ersten Diastolen jeder Gruppe tiefer als die späteren.
	22—23	23—24	7	— 28	22,2	20,3	— 50	—	
	24	24	6	— 22	22,6	22	— 40	—	
	»	24—25	5	— 16	22,6	21	— 40	—	
	25	25	5	— 15	22,6	21,6	— 48	—	
	»	»	5	— 15	23	21,5	— 40	—	
	»	»	6	— 14	23,2	21,6	— 30	—	
	»	»	6	— 14	23	21	— 26	—	
	»	»	4	— 10	22,5	21,5	— 24	—	
	»	»	4	— 10	22	21	— 26	—	
	»	25—26	3	— 8	22	21	— 36	—	
	26—27	—	8	2 20	21	16	—	—	Einzelpulse, denen ein Warmetetanus folgt, der 1 Min. lang bis zur Höhe von 13,2 mm steigt, dann 4 Min. lang abnimmt.
VII. Ligatur 4 mm über dem sulcus. Kaninchenserum; Druck 4,4 mm Hg.	16	16	44	2 45	16	12,5	5 5	—	Absteigende Treppe. Diastolen halten sich zum Theil über der Abscisse.
	»	16—26	39	1 50	15	12	6 18	—	Absteigende Treppe. Diastolen bis Abscisse.
	26	26—29	21	— 44	15,6	15,5	2 8	—	
	29—28	28	17	— 40	16	15,3	1 24	—	Flache, absteigende Treppen, die bald unmerklich werden. Die Diastolen erreichen die Abscisse.
	28	27	16	— 42	15,5	15,3	1 43	1	
	27	»	14	— 46	15,5	15,2	1 52	1	
	»	26	15	— 48	15,3	15	2 6	1	
	26	»	14	— 50	15	15	2 34	2	
	»	25	12	— 50	14,5	14,5	2 40	3	
	25	»	11	— 46	14,2	14,2	3 55	6	
	24	24	10	— 42	14	14	1 50	—	

Anfängliche Versuchs-Bedingungen.	Temperatur des Serumbades, in welchem das Herz hängt während der Gruppen.	während der Pausen.	Zahl der Pulse jeder Gruppe.	Dauer jeder Gruppe.		Maximale Höhe jeder Gruppe.	Minimale Höhe jeder Gruppe.	Dauer jeder Pause.		Einzelpulse während der Pausen.	Bemerkungen.
	°C.	°C.		Min.	Sec.	mm	mm	Min.	Sec.		
	24—22	—	27	10	50	13,4	12,3	—		—	Einzelpulse in regelmässigen Intervallen.
	22—20	20	12	—	34	20	15	3	10	2	Unterbindungstetanus von 2' 30" Dauer.
Zweite Ligatur 2 mm über dem sulcus.	20	»	12	—	55	12,5	12	2	48	3	Flache, absteigende Treppe. Diastolen bis zur Abscisse.
	19	19	9	1	4	12	11,8	2	34	3	
	»	18	8	1	7	11,5	11,2	2	30	3	
	18	»	8	1	10	11,4	11,2	2	22	3	
	»	17	8	1	12	10,6	10	2	10	2	
	17	»	8	1	20	9,8	9,5	1	30	2	
	»	—	35	13	—	9	7,5	—		—	Einzelpulse in unregelmässigen Intervallen, an Höhe abnehmend.
VIII. Ligatur 3 mm über dem sulcus. Kaninchenserum, schon zuvor gebraucht; Druck 3 mm Hg.	20	20—27	45	2	30	13,4	11,2	2	50	—	Absteigende Treppe. Diastolen reichen bis zur Abscisse.
	27	28	37	1	32	12,5	10	2	20	—	Die ersten Pulse nehmen schnell an Höhe ab und dessenungeachtet nehmen die diastolischen Verlängerungen zu.
	28	»	26	1	2	11,4	9,6	2	10	—	
	»	»	20	—	50	10,5	9,8	1	25	—	
	»	»	12	—	38	10,4	10,4	1	—	—	Pulse von gleicher Höhe. Diastolen reichen bis zur Abscisse.
	»	27	10	—	40	10,3	10,3	—	52	—	
	27	26	11	1	4	10,4	10,0	—	46	—	Flach absteigende Treppen. Diastolen reichen bis zur Abscisse.
	25	25	10	1	30	10,3	10,2	—	32	—	
	24	21	9	1	40	10,0	10,3	1	14	—	
	20	19	11	1	55	10,0	10,0	2	54	—	Pulshöhen fast gleich. Diastolen reichen bis zur Abscisse.
	19	»	13	1	38	10,0	10,0	3	34	—	
	18	17	17	2	—	9,5	9,5	5	—	2	

In der Arbeit von *Cyon*, welche den Einfluss der Temperaturveränderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der normalen Herzschläge behandelt, finden wir als wesentliches Resultat, dass innerhalb gewisser Grenzen die Pulsfrequenz mit der Temperatur auf eigenthümliche Weise wächst, während die Höhe und die Dauer der Contractionen in Folge der Herzerwärmung abnimmt. Die Abkühlung des Herzens mindert die Frequenz und vergrössert die Dauer und die Höhen.

Die Resultate unserer Experimente, welche nicht das ganze Froschherz betrafen, stimmen in Betreff des Einflusses der Temperaturänderung auf die zeitlichen Verhältnisse mit den von *Cyon* gewonnenen überein, unterscheiden sich jedoch in Bezug auf die Höhe der Pulse.

Diese Abweichung scheint mir dadurch erklärlich, dass das Serum in den von *Cyon* untersuchten Herzen schneller alterirt worden ist, weil stets der grösste Theil der circulirenden Flüssigkeit in Contact mit dem Herzen erwärmt wurde, während in meinen Versuchen das Serum sich durch langsamen aber beständigen Austausch erneute und nur die jedesmal das Herz füllende Quantität die Temperatursteigerung erlitt. —

Auch ich habe mit Serum, welches schon ein erwärmtes Herz gespeist hatte, den von *Cyon* beschriebenen Effect erhalten. Durch Steigerung der Temperatur wurde die Pulsfrequenz vermehrt, aber die Höhe der Herzschläge verkleinert. Dieses Resultat bringt Fig. 31 zur Erscheinung. Mir fehlen besondere Experimente, um die von *Cyon* beschriebene Vergrösserung der Pulsexcursion nach Temperaturerniedrigung zu erklären.

20° 27°

Fig. 31. Effect der Erwärmung des mitgebrauchtem Serum gefüllten Herzens.

Es bleibt uns jetzt unserem Plane gemäss noch übrig, den Einfluss des intracardialen Druckes auf die periodische Thätig-

keit zu untersuchen, bevor wir an die Deutung der Erscheinungen gehen.

Vermöge der Zusammensetzung unseres Apparates bleibt, wie schon früher auseinandergesetzt worden ist, der Druck des ruhenden Herzens stets constant, bedingt durch die Höhe der Serumsäule in der Mariotte'schen Flasche. Der Druck während der Systole ist wechselnd mit der Höhe der vom Herzen selbst bewegten Quecksilbersäule. Wir müssen demgemäss einen constanten diastolischen Druck und einen variablen systolischen unterscheiden.

In den bisher betrachteten Versuchen schwankt der diastolische Druck innerhalb sehr enger Grenzen, wie aus den beigegebenen Tabellen zu ersehen ist.

Ob bleibende Aenderungen des Druckes die periodische Thätigkeit des Herzens beeinflussen, habe ich nicht erforscht, weil der Versuch, das Herz während der Krisis unter einem höheren Druck arbeiten zu lassen, sich nicht merklich erfolgreich erwiesen. Weder die Frequenz, noch die absolute Höhe der Pulse wurden wesentlich geändert, wenn der diastolische Druck von 4 auf 13 mm (Quecksilber) erhöht wurde.

Fig. 32 zeigt, wie die Contractionen sich unter dem Einflusse des Druckwechsels ändern.



Fig. 32. Diastolischer Druck verändert.

Eine beträchtliche dauernde Drucksteigerung schadet dem Herzen sehr. Die Ermüdungslinie wird steiler, die Pulscurven nehmen unregelmässige Formen, welche peristaltischen Herzcontractionen entsprechen. Der traumatische Charakter dieser Effecte wird dadurch bezeugt, dass sie nicht schwinden, wenn der sie verursachende, hohe Druck wieder vermindert wird. Wenn man beträchtlich, jedoch schnell vorübergehend, während einer Pause den Druck steigert, so folgen unmittelbar sehr häufige, zuweilen im Anfange tetanische Contractionen, welche

allmälig seltener werden. Senkt man nunmehr wieder die Mariotte'sche Druckflasche, so verfällt das Herz sogleich, oder nach einigen Pulsen in seine frühere Ruhe. Dies Factum stimmt mit der Beobachtung von *Goltz*, welcher wahrnahm, dass nach forcirter Injection von Blut der Ventrikel in Tetanus gerieth.

Um die Wirkungen der Aenderung des systolischen Druckes zu studiren, ist, wie erwähnt, unser bisheriger Apparat nicht geeignet. Als hierzu passende Vorrichtung habe ich zwei Manometer combinirt, deren eines beträchtlich weiter ist, als das andere und welche durch einen Doppelweghahn mit dem Herzen in abwechselnde Verbindung gesetzt werden können. Zwei aufeinanderfolgende Systolen gleichen Umfanges können wir so in den zwei Manometern beobachten, und erkennen, wie die Grösse der Systole zunimmt, wenn die Quecksilbersäule im weiteren Manometerrohre weniger hoch getrieben wird.

In dieser Richtung habe ich nur wenige Versuche angestellt und muss mir daher weitere Mittheilungen noch vorbehalten.

Wenn wir jetzt, nach der Beschreibung der Thatsachen, welche die periodische Herzaction betreffen, auf die Deutung derselben eingehen, so tritt bei Betrachtung der Gruppen uns als ein constantes Phänomen das der absteigenden Treppe entgegen, welche allgemach niedriger wird, endlich verschwindet. Hierin giebt sich der combinirte Effect des Serum und der fortschreitenden Ermüdung und Abnützung des Herzens zu erkennen. — Die Erneuerung des Serum erhöht die Steilheit der absteigenden Treppe. Die erholende Fähigkeit des Serum mindert sich allmälig, gleichzeitig nimmt die absteigende Treppe an Steilheit ab. Nicht ohne Weiteres lässt sich die gewöhnliche, einem Hyperbelzweige ähnliche Abfallslinie in Uebereinstimmung bringen mit dem gesetzmässigen Ermüdungsabfall, welcher nach *Kroneckers* Untersuchungen für die willkürlichen Muskeln gilt. Bringt man ausser der Form des Herzens, dessen Inhaltsänderung man aufschreibt, noch den Wechsel der Pulsfrequenz während einer Gruppe in Anschlag, so wird die Treppenlinie auch als Ermüdungslinie erklärlich. Dass die Treppen immer flacher werden, endlich verschwinden, ist in der minderen Frequenz der Pulse späterer Gruppen und in der Kürze der entsprechenden Pausen begründet. Wir haben auch des in

unseren Versuchen seltenern Phänomens der aufsteigenden Treppe Erwähnung gethan, welche zuweilen auftritt, wenn die absteigende Treppe verschwunden ist.

Die Interpretation von diesem Factum ist nicht so leicht. Jedoch, wenn wir der Bedeutung der aufsteigenden Treppe in der Anfallsgruppe uns erinnern und wenn wir den wichtigen Umstand berücksichtigen, dass diese Erscheinung sich wesentlich in den periodischen Gruppen zeigt, welche unmittelbar einer neuen Ligatur der Vorhöfe folgen und allmälig in den ferneren Gruppen abnimmt, wie es die absteigende Treppe thut, so werden wir dahin geführt, zu schliessen, dass sie wahrscheinlich abhängt von der Zunahme der Ausdehnung des Herzens, von der ersten bis zur letzten Contraction einer Gruppe. Es würde eine Nachwirkung der Unterbindung sein, kraft deren sich das Herz für einige Zeit die Tendenz der Contraction bewahren würde und erst beim Beginn der neuen Thätigkeit, während der Gruppen allmälig wieder seinen ursprünglichen Dehnungsgrad erreicht. Diese Erklärung soll keineswegs die Möglichkeit ausschliessen, dass zur Erzeugung dieses Phänomens auch eine anwachsende Vermehrung der Pulsexcursionen beitragen kann.

Die bizarre Form der Pulscurven, deren wir schon bei Besprechung des Anfalls gedacht haben, kann man nach Belieben hervorrufen, wenn man die Ligatur schräg um die Vorhöfe legt, so dass einzelne Ventrikelstücke von dem Canülenende gereizt werden. Das Gleiche geschieht, wenn man eine circumscripte Stelle der Herzoberfläche reizt. Als einmal die Ligatur an der Grenze des Sinus angelegt worden war, pflanzten sich einige Contractionen von den Atrien zum Ventrikel sehr schnell, andere so langsam fort, dass die Diastole der Atrien begann, bevor der Ventrikel seine Systole beendet hatte. Im ersten Falle sammelten sich die zwei Contractionen zu einer starken, in dem anderen blieben sie theilweise getrennt; sie wurden somit kleiner, und dieses um so mehr, als in diesem Falle nicht der gesammte Herzinhalt in das Manometerrohr getrieben werden, sondern zum Theil in die erschlafften Atrien entweichen konnte.

Nachstehende Fig. 33 (s. folg. S.) stellt 5 Pulscurven dar. Die höheren sind von den gleichzeitigen Contractionen des Ventrikels und der Vorhöfe erzeugt; die niedern enthalten einen

Absatz, welcher zeigt, dass während einer kurzen Zeit (in der die Atrien in Diastole verharren) der systolische Druck constant bleibt.

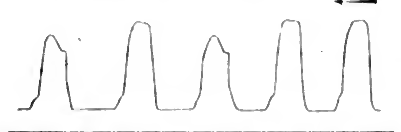


Fig. 33. Pulscurven des Herzens, dessen Atrien und Ventrikel gleichzeitig, oder nach einander sich contrahirten.

Ich komme nun zur Frage nach dem Zustandekommen der Pausen. Auf welche Weise soll man sich das Auftreten der Pausen und Gruppen erklären? Der Stillstand des Herzens kann seinen Grund entweder in einer Veränderung des reizenden Apparates, oder in einer solchen der Muskeln haben. Für unsern Fall können wir von der Veränderung der Muskeln, die man unter dem Namen der Ermüdung zusammenfasst, als Ursache der Pausen absehen, trotzdem, dass sich im Ablaufe jeder einzelnen Gruppe, wie in dem der ganzen Periode eine Abnahme der Leistungsfähigkeit bemerklich macht; diese ist jedoch, wie der Anblick des letzten Pulses vor einer Pause lehrt, weitaus nicht gross genug, um das plötzliche Erlöschen zu erklären, ein Unternehmen, was um so weniger statthaft ist, als die Anfangspulse der letzten Gruppen eines ganzen Arbeitsverlaufes niedriger sind, als die Endpulse der ersten Gruppen. Gegen die Annahme, welche den Eintritt der Pause von der Muskelermüdung abhängig macht, spricht auch die Grösse der ersten Zuckung, mit der eine neue Gruppe beginnt; diese ist regelmässig grösser, als die letzte der unmittelbar vorhergehenden Gruppe. Daraus folgt, dass die Muskulatur am Ende der Pause auf einen höhern Grad von Leistungsfähigkeit gelangt ist, als sie vor dem Beginne derselben gewesen. Wollte man nun die Ermüdung der Muskeln für den Ausfall der Zuckungen verantwortlich machen, so würde es unerklärlich sein, warum die letzteren nicht wieder augenblicklich begännen, wenn die Muskeln auf dem Erholungsgrade angelangt wären, den sie bei der Ausführung des letzten Pulses in der vorhergehenden Gruppe besessen. —

Somit müssen wir die Ursache des periodischen Ausfallens der Zuckungen in einer Veränderung des reizenden Apparates

suchen. Gestützt auf die Thatsache, dass die Unterbindung den Zusammenhang zwischen einem Theile der erregenden Werkzeuge und den Muskeln aufhebt, und ausgehend von der Vermuthung, dass im Normalzustande nicht alle Abtheilungen der erregenden Werkzeuge auf einmal, bei jedem der ausgesendeten Reize, sondern der Reihe nach, in einer bestimmten, zeitlichen Folge wirkten, könnte man zu einer einfachen Erklärung der Periodizität gelangen. Denn damit würde es ohne Weiteres begreiflich sein, warum nach der Unterbindung des Vorhofs, zu einer gewissen Zeit Zuckungen ausfielen, zu einer andern aber wieder auftraten, gleichsam als sei aus einem rotirenden Zahnrade, das andere Maschinentheile in Bewegung setzt, ein Theil der Zähne ausgebrochen. Aus einer Zergliederung der Thatsachen geht jedoch alsbald hervor, dass zur Erklärung derselben die Hypothese in der eben ausgesprochenen Einfachheit nicht ausreicht, und dass die gegenwärtig zu Gebote stehenden Mittel für den Beweis derselben nicht genügen. Unter den hingestellten Bedingungen müssten sich alle Gruppen und alle Pausen desselben Präparates während der ganzen Dauer der Periode zum mindesten sehr ähnlich sehen, und es dürfte nicht zur Krise kommen. Nun könnte man allerdings die auffallenden Abweichungen, welche die einzelnen Gruppen und Pausen darbieten, auf neu hinzugetretene Störungen schieben, aber das Recht, diesen neuen Zusatz einzuführen, würde man doch erst erlangen, wenn man die Quelle der Störungen in jedem Falle aufzuführen vermöchte. Auch noch ein anderer Grund macht die versuchte Erklärung sehr zweifelhaft; offenbar würde es eine Forderung derselben sein, dass die Pausen um so länger und die Gruppen um so kürzer würden, je tiefer die Unterbindung an den Vorhof herabrückte. Wie wenig dieselbe thatsächlich erfüllt ist, geht aus der Zusammenstellung des Erfolges hervor, den die in verschiedenen Höhen über dem sulcus angelegten Ligaturen bedingen.

Nachdem der zweifelhafte Werth der besprochenen Erklärungsmöglichkeit erkannt ist, wird die Tragweite anderer zu prüfen sein. Der gangbaren Vorstellung gemäss, die sich wesentlich auf die durch Vagusreizung hervorgerufenen Erscheinungen gründet, kommt die rhythmische Wiederkehr der Herzschläge auf Rechnung zweier entgegengesetzter Prozesse; der eine derselben begünstigt die Entstehung der Reize, während

der andere als ein solcher aufzufassen ist, der entweder die Bildung der letzteren geradezu verzögert, oder auch nur dem Uebergang des Reizes auf die Muskeln so lange einen erfolgreichen Widerstand entgegensetzt, bis jener zu einem von ihm nicht mehr überwindbaren Maasse angewachsen ist. — Treten nun, wie dieses am unversehrten Herzen der Fall ist, die Schläge in regelmässiger Zeitfolge auf, so müssen beide Vorgänge, der begünstigende und der hemmende, ihrer Grösse nach von der Zeit unabhängig sein; bei gleichem Werthe des Zuwachses, welchen das Reizquantum in der Zeiteinheit empfängt, würde die Häufigkeit der Schlagfolge, je nach der Grösse des entgegengesetzten zu- oder abnehmen können; aber es würde daraus eine Periodizität, wie sie das Herz mit unterbundenem Vorhofe zeigt, nicht zu erklären sein. Wollte man also auf der Grundlage unserer gegenwärtigen Theorie des Herzrhythmus weiterbauen, so würde sie — um für unsern Fall auszureichen — den Zusatz erfahren müssen, dass durch die Unterbindung des Vorhofs entweder der Vorgang, welcher die Entstehung des Reizes begünstigt oder der andere, ihm entgegengesetzte eine mit der Zeit veränderliche Intensität erlangte, mit andern Worten die Theorie, welche die regelmässige Schlagfolge erklärt, kann dieses nicht mehr für die periodische leisten. Sonach deckt also der Wechsel von Pausen und Gruppen eine neue, gegenwärtig unerklärbare Eigenschaft des Reizungsapparates in dem Herzen auf.

Ausser diesen geben meine Beobachtungen noch zu folgenden Betrachtungen Veranlassung.

Gegen die Annahme, dass die Ursache, welche eine Zuckung des Herzens auslöst, unter allen Umständen reflectorischer Natur sein müsse, sprechen die Pausen und die anfangs auf- und dann absteigende Frequenz der Herzschläge, welche eine Gruppe ausmachen. Denn, wenn es schon schwer fallen dürfte, einen rhythmisch wiederkehrenden, äussern Reiz nachzuweisen, wie ihn die regelmässige Schlagfolge des unversehrten Herzens verlangt, während das letztere stets mit demselben Serum gefüllt, von constanter Temperatur umgeben und vor jeder sonstigen Störung geschützt ist, so dürfte es doch ganz unmöglich sein, aus irgendwelchen Veränderungen, die in der Umgebung des Herzens auftreten, die Reihenfolge der Herzschläge zu erklären, wie sie nach der Unterbindung des Vorhofs sichtbar

sind. Nach meinen Erfahrungen scheint mir an der Möglichkeit einer automatischen Entstehung der Herzreize kein Zweifel mehr bestehn zu können.

Abgesehen von der Aenderung des Rhythmus rief, wie wir sahen, die Unterbindung des Vorhofs auch noch eine Verminderung der mittleren Schlagzahl hervor. Wenn man die Herzschläge zählt, welche vor der Unterbindung des Vorhofs in einem längern Zeitraum ausgeführt werden, und ebenso diejenigen, welche nach dem genannten Eingriff zum Vorschein kamen, so ergiebt sich, dass die mittlere Frequenz der Schläge im letztern Fall geringer als in dem ersteren ist. Durch die grössere Häufigkeit, die sich zuweilen während einer Gruppe bemerklich macht, wird also der Ausfall nicht gedeckt, den die vorhergehende Pause veranlasst hat. Demnach hat die Ligatur die Befähigung des nervösen Apparates, Reize zu entwickeln, herabgesetzt. Wenn man dagegen die Herzschläge betrachtet, die nach der Umbindung des Vorhofs auftreten, so findet man, dass dieselben in jeder Beziehung — nach Ablauf, Stärke und Gleichzeitigkeit der Zusammenziehung aller Muskelfasern — mit denjenigen des unversehrten Herzens übereinstimmen. Hieraus ergiebt sich, dass der Rest der erregenden Apparate, welchen die partielle Zerstörung noch übrig lässt, zwar weniger häufige Reize aussendet, dass aber jeder einzelne derselben genau so wirkt, als sei er vom unverletzten Werkzeuge ausgegangen. Dieses Verhalten beweist jedenfalls, dass die Stärke des automatischen Reizes und die Zahl der Muskelfasern, welche er in Contraction versetzt, unabhängig ist von der Menge der Ganglienzellen, welche noch mit den Herznerven verbunden sind.

Das Herz, welches auf seiner Innen- und Aussenfläche mit Serum in Berührung war, schlug, wie schon mitgetheilt, häufiger, als wenn es nur innen Serum führte, aber von aussen mit Oel bedeckt war. Unter den zuerst genannten Bedingungen hat das Herz die Vortheile, von Sauerstoff berührt und von stets erneuertem Serum durchtränkt zu werden voraus. Da das frische Serum günstig auf die Entwicklung der innern Herzreize wirkt, so könnte man schon aus dem Mangel einer stetigen Erneuerung die geringere Schlagzahl des Oelherzens ableiten. Und da die Pausen des Oelherzens immer länger, als die des Serumherzens sind, so dürfte hieraus zu schliessen sein, dass in

den Pausen die Reize wirklich fehlen, nicht aber dass ihre Aeusserungen nur durch den verstärkten Widerstand unterdrückt sind.

Dritter Theil.

Wirkung der elektrischen und mechanischen Reize und der Gifte auf das Herz.

Als Ausgangspunkt unserer Untersuchungen über die Wirkungen der elektrischen Reize auf das Herz diente die Arbeit von *Bowditch*. In dieser war der von den automatischen Centren getrennte Ventrikel Gegenstand der Untersuchung. Nur in einem Falle waren dort die Effecte elektrischer Reizung an einem Herzen beobachtet, welches in der Gegend der Atrien, über der Canüle eine Unterbindung trug, um zu prüfen, ob die Ligatur der Vorhöfe hemmende Werkzeuge in Erregung versetze. Hätte er das Herz unter diesen Bedingungen ungestört beobachtet, so würde er statt des Herzstillstandes die periodische Herzthätigkeit wahrgenommen haben. Statt dessen begann er, das Herz, sobald es an den Apparat gebracht war, mit Inductionsschlägen, in Intervallen von zwei Secunden zu reizen. So wurden die spontanen Pulse verdrängt durch die künstlichen. Er erhielt in diesem Falle eine lange aufsteigende Treppe. Diese Erscheinung führte er auf die Wahrnehmung von *Coats*[1]) zurück, nach welcher die elektrischen Reizungen des Ventrikels kleinere Contractionen als gewöhnlich zur Folge haben, wenn gleichzeitig der Vagus erregt wird. Die Treppe, welche an dem Herzen unmittelbar nach Unterbindung des Vorhofs beobachtet wird, ist jedoch von anderen Ursachen, als der einer Vagusreizung herzuleiten; sie beruht auf dem von mir wahrgenommenen Herztetanus, welcher der Ligatur der Vorhöfe stets unmittelbar folgt.

Auch ich habe auf das Evidenteste die Beobachtung von *Bowditch* bestätigen können, als ich unmittelbar nach der Unterbindung der Vorhöfe das Herz in Intervallen von 4 Sec. in Erregung versetzte. Die Pulse, welche anfänglich Höhen von 3 mm aufschrieben, erreichten nach 14 Min. und 15 Sec. solche von 16,5 mm.

---

*) Diese Berichte 1869.

Diese Treppe entspricht einem längeren Tetanus, als ich ihn ohne Reizung wahrgenommen, woraus man folgern kann, dass die rhythmische elektrische Reizung des Herzens den durch die Ligatur verursachten Tetanus zu verlängern im Stande sei.

Eine kurze Zusammenstellung der Resultate, welche *Bowditch* mit Hülfe des isolirten Herzventrikels erhalten hat, möge hier ihre Stelle finden, wegen der Verwandtschaft mit den Erscheinungen, welche die periodische Thätigkeit des noch mit Vorkammertheilen versehenen Herzens zeigt. — *Bowditch* hat gefunden, dass ein in regelmässigen Intervallen, mit gleich starken Inductionsschlägen gereizter Froschherzventrikel entweder auf jeden (»unfehlbaren«) Reiz mit einem Pulse antwortet, oder, bei geringerer Intensität der (»hinreichenden«) Reize sich seltener oder endlich (überzählige Pulsfolge) sich häufiger contrahirt als er gereizt wird. Dieser letzte Fall trat nur ein, wenn der Ventrikel nicht tief genug abgebunden war. Die hinreichenden Reize werden meist sogleich unfehlbar, wenn man die Intervalle vergrössert, und diese Zunahme der Erregbarkeit tritt auch oft ohne Aenderung des Taktes im weiteren Verlaufe der Thätigkeit ein.

Mit meinem Herzpräparate habe ich analoge Resultate erhalten. Ausserdem habe ich an demselben bemerkt, dass, wenn in Folge elektrischer Reize einige Pulse während einer Pause erfolgten, diese sich beträchtlich verlängerte, so dass die erzwungenen Pulse gewissermassen für die spontanen Contractionen der nächsten Gruppen eintraten. Die unzureichenden Reize habe ich im Allgemeinen ohne Einfluss auf den Gang der periodischen Thätigkeit gefunden. Dagegen erwiesen sich in einem Fall schwache Reize, die sich in Intervallen von 4 Sec. folgten, zur Zeit der Pausen völlig unwirksam, während sie einen Erfolg hatten, nachdem die ersten spontanen Pulse der folgenden Gruppen aufgetreten waren.

Man könnte geneigt sein, in der Lösung der Gruppen (Stadium der Krisis) eine äusserliche Analogie mit dem oben erwähnten Uebergange der aussetzenden Pulse in regelmässige zu finden; doch fehlt für diese Annahme ein zwingender Grund.

Die absolute Grösse der Pulse hat *Bowditch* immer maximal, unabhängig von der Intensität des Reizes gefunden. Wenn der Ventrikel für einige Minuten in Ruhe geblieben ist, so bewirken die rhythmischen Reize Pulse in Form einer aufsteigen-

den Treppe, vorausgesetzt dass das Herz mit frischem Serum gefüllt war. Die Treppe fällt weg, wenn man das Herz mit Kochsalzlösung anstatt mit Serum füllt, oder das Serumherz mit Atropin vergiftet. Die Treppe war dagegen deutlicher an einem Herzen, welches unter der Herrschaft des Muscarin stand. Die Treppe fällt auch fort, wenn das Herz mit Delphinin vergiftet ist. — In diesem Falle beginnt der Ventrikel spontane Pulse auszuführen, welche von unregelmassig wechselnder Höhe sind (»bizarre«). Diese Experimente habe ich zum grossen Theile mit gleichem Erfolge wiederholt.

Die Erscheinung der aussetzenden Pulse bei regelmässig folgenden Reizen ist ein Beweisgrund für die Annahme der automatischen Natur der Herzbewegungen, denn man erkennt daraus, dass die inneren Bedingungen des Herzens schnell veränderlich sind, so dass sie auf Reize ungleicher Grösse einmal dem Herzen zu antworten gestatten, ein anderesmal dies hindern.

Die Resultate, welche durch die Behandlung des Herzens mit Inductionsschlägen gewonnen werden, weisen darauf hin, dass die reizbaren Theile desselben von sehr veränderlicher Natur sind. Schon die Versuche von *Bowditch* drängten zu der Annahme, dass sich in den Nerven und Muskeln der Herzspitze die Reizbarkeit, wie die Leistungsfähigkeit in der Zeit mannigfach ändern müsse, weil sich nur auf diese Weise die Entstehung der aussetzenden Pulsfolge und der Treppe erklären liess. In meinem Präparate gesellt sich zu den Nerven und Muskeln noch ein Rest des erregenden Apparates, also möglicher Weise auch eine veränderliche Empfänglichkeit desselben für den Inductionsschlag. In der That gewinnt die Annahme, dass der Inductionsreiz nicht bloss unmittelbar, sondern unter Vermittlung der automatischen Werkzeuge auf die Nerven und Muskeln wirke an Wahrscheinlichkeit durch die beiden von mir festgestellten Thatsachen, dass einerseits derselbe elektrische Schlag in der Pause unwirksam sein, in der darauf folgenden Gruppe aber wirksam werden kann, und dass anderseits sich die Pausen des periodisch schlagenden Herzens bedeutend verlängern, wenn zur Zeit derselben auf künstlichem Wege einige Zuckungen erzwungen werden. Erwägt man ferner, dass man durch eine vorübergehende Reizung des Herzens mit Inductionsströmen eine oft lange Nachwirkung erzeugt, die sich durch eine Aenderung der normalen Frequenz kundgiebt, so scheint kaum

noch ein Zweifel an der unmittelbaren Wirkung des elektrischen Schlages auf die automatischen Werkzeuge bestehen zu können.

Die Thatsachen, welche meine Vorgänger über das Atropin und Muscarin ermittelt haben, werde ich später besprechen. Vom Delphinin haben wir schon erwähnt, dass es unregelmässige Pulse verursacht, die, den beschriebenen »bizarren« analog, als peristaltische angesehen werden können.

Die mechanischen Reize haben in vielen Beziehungen ähnliche Effecte wie die elektrischen. Aus meinen wenig umfangreichen Untersuchungen über diesen Punkt haben sich folgende Resultate ergeben:

1) Je nach der Stärke der Schläge, welche unserm Herzpräparat mittelst eines stumpfspitzigen Instrumentes beigebracht werden, können dieselben als ungenügende, hinreichende oder unfehlbare Reize sich erweisen.

2) Eine Gruppe von Contractionen, durch mechanische Reize verursacht, zeigt eine sehr geneigte, absteigende Treppe von unregelmässigem Verlauf, deren Einzelpulse häufig den Charakter der bizarren annehmen.

3) Erfolgen die Reize sehr häufig, so summiren sich die Pulse so, dass die systolischen Erhebungen wachsen und die Diastolen nicht die Abscisse erreichen.

4) Wenn im Verlaufe einer normalen Pause eine Reihe mechanischer Reize Contractionen erregt, so wird die Pause verlängert.

5) Wenn das Herz im Stadium der Krisis zu häufigen Contractionen gereizt wird, so folgt denselben zuweilen eine lange Pause, häufiger geht dieser Pause eine längere Reihe spontaner Contractionen voraus.

Die Interpretation dieser Thatsachen fällt fast überall mit der bei Besprechung der elektrischen Reizung gegebenen zusammen.

Von den Giften, deren Wirkung auf das Froschherz in neuerer Zeit eingehend studirt worden ist, habe ich das Atropin, das Muscarin und das Nicotin auf unser Herzpräparat angewendet.

Ohne auf die allgemeine Geschichte derselben einzugehen, will ich nur die wichtigsten Resultate der Arbeiten von *Schmiedeberg* [1])

---

1) Das Muscarin, das giftige Alkaloid des Fliegenpilzes. Leipzig 1869.

erwähnen, welche meinen Untersuchungen als Leitfaden gedient haben. — Ein Bruchtheil eines Milligramm Atropin, unter die Haut eines Frosches gebracht, macht elektrische Reizung des Vagus und des sinus venosus völlig unwirksam. Eine kleine Menge Muscarin versetzt dagegen das Herz in Stillstand. — Das Nicotin endlich, in Dosen von $^1/_8$—$^1/_3$ Milligramm vermindert anfänglich die Anzahl der Pulse, unterdrückt sie später gänzlich für 1—1$^1/_2$ Minute. Endlich kehren die Herzbewegungen von selbst zur Norm zurück. — Wenn man während des Herzstillstandes nach Muscarinvergiftung eine sehr kleine Dosis Atropin injicirt, so erscheinen die Herzbewegungen wieder. Auf das atropinisirte Herz vermag das Muscarin nicht verändernd zu wirken. Ebenso bewirkt Nicotin nach Atropinvergiftung keinen Stillstand, die Pulsationen behalten die normale Frequenz, wenn die Nicotindosis klein ist; sie werden nach grossen Dosen niedriger und seltner. Es kehrt das Herz erst spät zu seiner normalen Schlagfolge zurück. — Wird nun ein Herz erst nicotinisirt und darauf, nach längerer oder kürzerer Zeit muscarinisirt, so geräth es in Stillstand, wie ein normales.

Wir wollen auf die theoretischen Betrachtungen, welche *Schmiedeberg* an die mitgetheilten Resultate knüpft, nicht eingehen. Ich habe nicht nur alle seine Versuchsergebnisse bestätigt, sondern auch eine Anzahl von analogen Eyperimenten angestellt, mit Rücksicht auf die Umwandlungen der periodischen Thätigkeit durch die genannten Gifte. Die leicht veränderliche Bewegungsart des periodisch thätigen Herzens macht dieses zu einem feinen Reagens, das alle toxischen Einflüsse auf das Deutlichste erkennen lässt. Das Gift wurde in der verlangten Quantität dem Herzen beigebracht, indem eine genau abgemessene Menge einer bestimmten, concentrirten Lösung, mittelst einer Pipette in das zeitweilig vom Apparate entfernte Herz injicirt wurde. Bei dieser Art der Vergiftung wird natürlich nur im Anfang die zugefügte Giftmenge zur Wirkung kommen, weil in dem Maasse, wie das unvergiftete Serum aus der Druckflasche zuströmt, die Concentration verringert wird; diese Methode gewährt die Möglichkeit, das Gift sogleich durch frisches Serum auszuwaschen, also die primitive sowohl, wie die Nach-

— Untersuchungen über einige Giftwirkungen am Froschherzen. Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1870.

wirkung des Giftes zu studiren. Die Effecte des Atropins habe ich im Juli und im October untersucht und nicht geringe Unterschiede in den Resultaten zu verschiedenen Jahreszeiten gefunden. Desshalb will ich jede Reihe separat beschreiben.

Die Sommerexperimente zerfallen in zwei Kategorien, entsprechend einer kleinen und einer grossen Giftdosis. Diejenigen der ersten Kategorie entsprechen Vergiftungen mit Atropin bis zur Dosis von 0,5 Milligramm. Die schwache Giftwirkung lässt sich in folgenden Sätzen definiren:

Die Perioden bleiben, werden jedoch unregelmässig. Die Zahl der Pulse in einer Gruppe wird grösser und zwar oft beträchtlich, die Pausen werden bedeutend kürzer. Der Umfang der Pulse der ersten Gruppe erscheint grösser als normal, mindert sich schnell bis zum Ende. Die Pausen enthalten oft eingeschaltete Pulse. In einigen Fällen erhalten sich die Diastolen der letzten Gruppen über der Abscissenlinie. Es erlischt dann schnell die Thätigkeit des Herzens, indem dasselbe todtenstarr wird. Häufig geschieht dies, bevor das Herz in die Phase der Krisis eingetreten ist. Die zehn untersuchten Herzen zeigen keine wesentlichen individuellen Unterschiede. Die folgende Figur (34) lässt zwei Gruppen vergleichen, von denen die erste

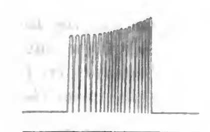
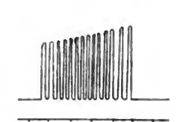


Fig. 34. Unmittelbar nach Vergiftung mit 0,5 Mgr. Atropin.



Vor der Vergiftung.

vor, die andere unmittelbar nach Atropinvergiftung erhalten worden ist.

Die starke Giftwirkung (1 Milligr. und mehr) ist zuweilen eine unmittelbar deletäre; zuweilen folgt sogleich nach der Vergiftung, häufiger nach vorausgegangener Gruppe und langer Pause eine längere Reihe von Contractionen, deren erste Höhen bald die normalen übertreffen, bald unter denselben bleiben, in beiden Fällen aber schnell abnehmen bis zum Verschwinden. Die Frequenz der Pulse dieser Reihe wächst häufig schnell bis zu einem Maximum, nimmt darauf langsam ab und verhält sich

somit ungefähr wie die in Fig. 35 dargestellte. Dieser Verlauf erinnert an die charakterische Aenderung der Frequenz innerhalb der einzelnen Gruppen. Nachdem diese Reihe abgelaufen ist, hat die Erneuerung des Serum gar keinen Erfolg, oder veranlasst für kurze Zeit sehr kleine Contractionen. Im erstern Falle ist die Erregbarkeit völlig erloschen; auch die stärksten elektrischen Reize bleiben erfolglos. Häufig ist gleichzeitig das Herz starr geworden. Nebenstehende Fig. 35 giebt ein Beispiel von acht analogen Fällen.

Fig. 35. (a) Unmittelbar nach Vergiftung des Herzens mit 1,0 Mgr. Atropin (Sommerversuch).

Fig. 36. (a) Unmittelbar nach Vergiftung mit 1,0 Mgr. Atropin (Herbstversuch).

Die October-Resultate sind im Wesentlichen folgende:

1 Milligramm Atropin verursacht einen Tetanus des Herzens ohne aufgesetzte Einzelpulse. Sogleich danach, oder nach einer Pause beginnt eine lange Reihe von Pulsen (Fig. 36), welche in Anbetracht des tetanischen Beginnes und der allmälig abnehmenden Frequenz an den Anfall erinnert. Dieser Serie folgt eine Pause, nach welcher die normalen Perioden eintreten, welche von langen Gruppen und längeren Pausen gebildet werden.

Erneuert man jetzt die Vergiftung, so erhält man die gleiche Reihe von Erschei-

nungen in schwächerem Grade. Wenn man das im Herzen enthaltene, vergiftete Serum durch neues ersetzt, während die Energie des Herzens dem Erlöschen nahe ist, so erhält man eine Reihe von sehr häufigen Pulsen, von anfänglich normaler, aber ungewöhnlich rapid bis zum Verschwinden abnehmender Höhe.

Auch im Sommer habe ich ausnahmsweise einen Fall erhalten, in welchem eine starke Dosis Atropin, nach vorausgegangener langer Pause und Gruppe einen intensiven und langen Tetanus erzeugte, mit aufgesetzten Contractionen, welche in regelmässiger Weise seltner wurden (Typus der Anfallspulse), wonach die periodische Thätigkeit anhob. Weniger gut lässt sich in die Kategorie der Herbstresultate ein Fall einreihen, in welchem 1 Milligr. Atropin die Perioden durchaus änderte.

Vor der Vergiftung bestanden diese aus langen Gruppen, die angefüllt waren mit frequenten Pulsen, und aus sehr langen Pausen. Nach Atropinisation wurden die Gruppen sehr kurz, die Pulse selten und auch die Pausen kurz. Ein anderes halbes Milligramm des Giftes veränderte die nunmehrige Pulsfrequenz nicht, machte aber die Gruppen länger und die Pausen kürzer, bis endlich in normaler Weise die Krisis eintrat. Jetzt machte neues Serum die Frequenz der Pulse gleich der in den Gruppen des unvergifteten Herzens. Nachdem eine längere Reihe solcher Pulse aufgetreten war, wurden diese wieder etwas seltner (Typus des Anfalls) und es folgten sehr ausgesprochene Perioden, aus grossen Gruppen und langen Pausen bestehend. Die Fig. 37 zeigt die Gruppen, welche der Ver-

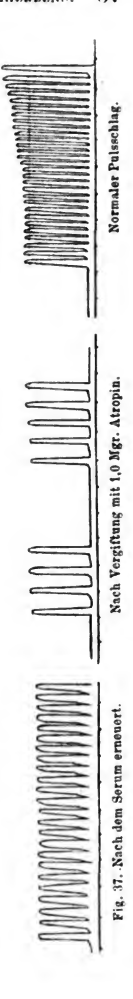


Fig. 37. Nach dem Serum erneuert.

giftung vorausgehen, solche nach der Vergiftung und endlich andere, welche nach Erneuerung des Serum gezeichnet sind. Die Unterschiede in der Form sind sehr ausgesprochen. Diese Reihe zeigt, dass starke Dosen von Atropin beträchtliche Verringerung der Pulsfrequenz bewirken können, ohne die Herzkräfte zu schädigen, weil sie mit Erneuerung des Serum völlig restaurirt werden können.

Auch zwei andere Fälle aus dem October ergaben mir ganz ähnliche Resultate.

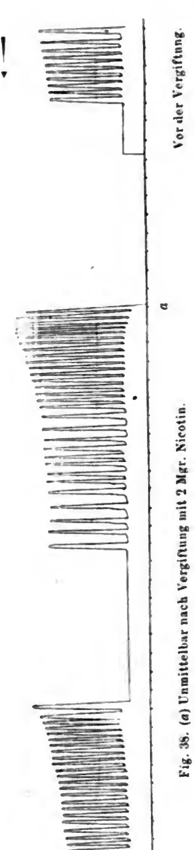


Fig. 38. (a) Unmittelbar nach Vergiftung mit 2 Mgr. Nicotin.

Gleichmässigere Effecte, als die des Atropin hat das Nicotin gegeben, selbst wenn man die Dosen beträchtlich änderte. Beachtenswerth ist, dass alle Experimente im Januar ausgeführt worden sind. Das Nicotin macht die Gruppen beträchtlich länger, die Pausen kürzer, beschleunigt somit den Eintritt der Krisis. Der Umfang der Pulse ist in den ersten Perioden häufig sehr vergrössert und wird sehr allmälig geringer (Fig. 38). Nachdem die Krisis eingetreten, kann man mit Hülfe des neuen Serum das Herz, wenn es noch nicht sehr geschwächt ist, in eigenthümlicher Weise wieder beleben, so dass es die drei Phasen seiner Thätigkeit wieder durchmacht, den Anfall, die Perioden und endlich die Krisis. Doch ist dieser erneute Gesammtverlauf ein verhältnissmässig kurzer. Aber auch nach der zweiten Krisis kann eine wiederholte Vergiftung nochmals den Turnus der drei Thätigkeitsphasen zum Vorschein bringen. In einem Falle hat das stark-

vergiftete Herz, welches früher in den Zustand der Krise getreten war, sogar spontan die Anfallsbewegungen wieder gewonnen, denen in normalem Verlaufe die Perioden und eine neue Krisis folgten.

In einem anderen Nicotin-Herzen vermochte eine zur Zeit der Krisis angelegte Ligatur, nach einem kurzen tetanischen Anfalle, wiederum sehr vollkommene Perioden hervorzurufen (Fig. 39). Die Gesammtzeit der Thätigkeit eines nicotinisirten Herzens ist nicht kleiner, als die eines normalen. Die wirksame Dose des Nicotins schwankte zwischen 1 bis 4 Milligramm.

Das Nicotin hat in seiner Wirkung insofern Analogien mit der des Atropin, als beide die Gruppen länger, die Pausen kürzer machen. Das Atropin jedoch bringt, selbst in kleinen Dosen, das Herz zum Absterben, ohne dass es in die Phase der Krise geräth. Grosse Dosen veranlassen, wie erwähnt, eine lange Endreihe von Pulsen, welche in Hinsicht auf die Aenderung in der Frequenz einer grossen Gruppe gleichen. Das Nicotin hingegen kürzt die Pausen und führt schnell zur Krisis, ohne die Energie des Herzens zu zerstören.

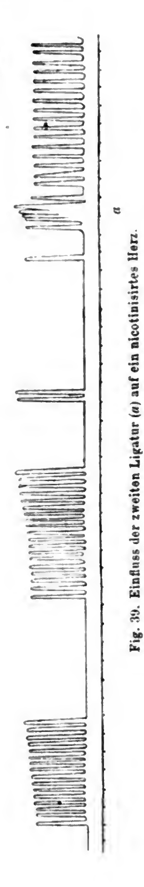


Fig. 39. Einfluss der zweiten Ligatur (*a*) auf ein nicotinisirtes Herz.

Während neues Serum nach Atropinvergiftung nicht die Perioden wieder hervorzurufen vermag, geschieht dies in vollstem Maasse auch nach stärkerer Nicotinvergiftung. Gewisse Analogien, die zwischen der Wirkung frischen Serums und dem Nicotin bestehen, sind unverkennbar; beide machen den Schlag des Herzens, zu dem sie hinzugefügt werden, kräftiger. Und ein nicotinisirtes Herz, das alle Phasen vom Anfall bis zur Krise schon durchlaufen hat, wird zu einer neuen periodischen Bewegung gebracht, wenn das-

selbe entweder mit neuem Serum erfüllt, oder noch einmal mit Dosen von Nicotin vergiftet wird.

Die Vergiftungsversuche, welche mit Muscarin im November angestellt wurden, führten zu einigermassen wechselnden Erfolgen, je nach der Grösse der Dosis. Genaue Dosirung der ersten Giftproben war mir nicht möglich, weil nur ein rohes Fliegenpilzextract zur Verfügung stand; doch gelang es mir später, mit Hülfe reinen, schwefelsauren Muscarins, die mittelst der verunreinigten Giftlösung gewonnenen Resultate zu bestätigen.

Grosse Mengen Muscarins (5 Milligr. des Extractes) versetzten das Herz völlig in Stillstand, dem häufig eine kurze Gruppe kleiner, zuweilen peristaltischer Contractionen vorausgeht. Während der Ruhe reagirt das Herz auf mechanische und elektrische Reize. Selbst wenn man das ruhende Muscarinherz sorgfältig mit neuem Serum auswäscht, gelingt es nicht, die spontanen Pulse hervorzurufen. Eine neue Ligatur bewirkt an dem ruhenden, vergifteten Herzen einen Tetanus, auf welchem anfänglich kleine, häufige, dann höhere und seltnere Pulse sich erheben (Fig. 10). Nachdem der Tetanus vorübergegangen, bleibt das Herz, wenn es ungestört gelassen wird, völlig in Ruhe.

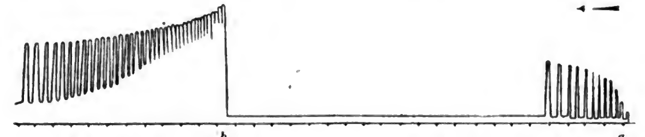


Fig. 10. Effect der zweiten Ligatur (*b*) des zuvor (*a*) mit Muscarin vergifteten Herzens.

Mittlere Dosen von Muscarin (2 Milligr. Extract) heben den periodischen Charakter der Herzthätigkeit nicht auf, aber ver-

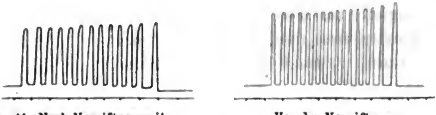


Fig. 11. Nach Vergiftung mit Muscarin (mittle Dosis). Vor der Vergiftung.

kleinern die Pulse, machen sie seltener und die Gruppen kürzer (Fig. 11), während die Pausen bedeutend länger werden.

Zuweilen wachsen die Pausen beständig und die Gruppen werden stets kürzer. Es erschöpft sich das Herz in diesem Falle, ohne in die Phase der Krisis einzutreten. Oefter jedoch verkürzen sich die Pausen gegen Ende der Thätigkeit wieder, so dass die Gruppen noch völlig gelöst erscheinen (Krisis), bevor das Herz erschöpft ist. Kleinste Dosen von Muscarin (0,05 Milligramm des schwefelsauren Salzes) bewirken von den bisherigen ganz abweichende Erscheinungen. Die Höhe und Frequenz der Pulse während der ersten Gruppen nimmt einigermassen zu (Fig. 42), die Länge der Pausen ist nicht wesentlich verändert, oder etwas verringert. Im weiteren Verlauf schlägt die Wirkung in die gegentheilige um, übereinstimmend mit derjenigen der mittleren Dosen. Diesen letzten Resultaten will ich keine zu grosse Bedeutung zuschreiben, weil mir nur drei Fälle zu Gebote stehen, welche diese Art der Wirkung kleiner Muscarindosen zeigen.

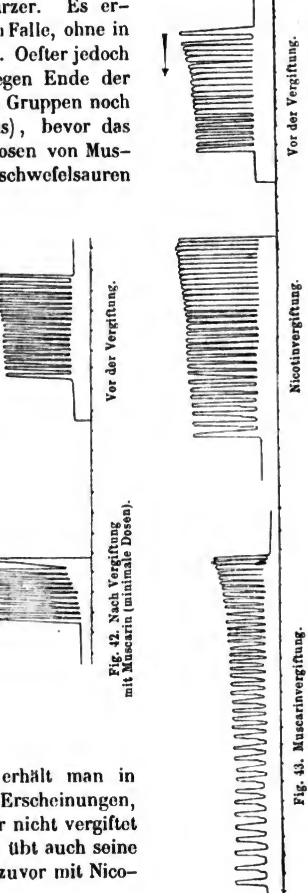


Fig. 42. Nach Vergiftung mit Muscarin (minimale Dosen).

Fig. 43. Muscarinvergiftung.

Mit Hülfe des Atropin erhält man in Muscarin-Herzen dieselben Erscheinungen, wie in Herzen, welche zuvor nicht vergiftet worden waren. Das Muscarin übt auch seine Wirkung auf Herzen, welche zuvor mit Nicotin vergiftet waren (Fig. 43).

Ich besitze auch einen Versuch, welcher zeigt, dass das Muscarin, selbst nach Atropin, die Pulsationen kleiner und seltener zu machen vermag.

Diejenigen meiner Leser, welche mit der Geschichte der Atropin-, Nicotin- und Muscarinwirkungen nicht unbekannt sind, werden schon geschlossen haben, dass ich die genannten Gifte in der Absicht angewendet um genauere Aufschlüsse über die Ursachen der Periodizität zu gewinnen. — Im zweiten Abschnitte dieser Abhandlung waren wir zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Periodizität durch den Hinzutritt neuer, dem normalen Herzen nicht zustehender Bedingungen begründet sei, in Folge deren dem automatischen Apparate zeitweise entweder die Fähigkeit abging, Reize zu erzeugen, oder aber die erzeugten Reize wirksam zu machen. Um zu zeigen, in welchem Sinne ich den zuletzt gebrauchten Ausdruck verstehe, will ich nur daran erinnern, dass man die Schlagfolge des unterbundenen dem unversehrten Herzen hätte mittheilen können, durch eine periodische Reizung seines nervus vagus. — Somit hätte also auch die periodische Function des unterbundenen Herzens in einem zeitweise wiederkehrenden Reizungszustande der Vagusfasern bestehen können, welche in der Scheidewand des Vorhofs verlaufen. Diese Möglichkeit einer genauern Prüfung zu unterwerfen schien mir um so mehr geboten, als die Annahme, wonach die Wirkung der Vorhofsligatur von *Stannius* auf einer Reizung des Vagus beruht, zahlreiche Anhänger gefunden hat. Die Entscheidung hierüber musste das Atropin bringen, welches, wie *v. Bezold* dargethan, den nervus vagus lähmt. Denn, wenn die Schlagfolge des unterbundenen Herzens dadurch entstanden wäre, dass der Eintritt einer periodisch wiederkehrenden Erregung der Vagusfasern die Aeusserung des entwickelten, automatischen Reizes gehindert hätte, so dass erst nach dem Verschwinden jener das aufgesammelte Reizungsmaterial sich hätte entladen können, so wäre nach der Vergiftung mit Atropin zu erwarten gewesen, dass die gruppenweise Anordnung der Pulse der gewöhnlichen, rhythmischen Platz gemacht haben würde. — Dieser Erfolg ist nun in keinem Falle eingetreten, trotzdem dass die Dosen, in welchen das Gift gegeben wurde, viel beträchtlicher waren, als die,

welche nach *Schmiedeberg* zur vollständigen Vaguslähmung nothwendig sind. —

Um andererseits zu entscheiden, ob in Folge der Ligatur auch über die Dauer des Anfalls hinaus eine Reizung der Vorhofsnerven bewirkt werde, ward Muscarin angewendet. Zur Beleuchtung dieser Frage eignet sich dieses Gift desshalb, weil es nur d i e Herzschläge zum Verschwinden bringt, welche durch automatische, nicht aber jene, welche durch künstliche Reize ausgelöst werden. Die Antwort ist ebenfalls negativ ausgefallen, denn die Ligatur, welche um das Muscarin-Herz gelegt wird, bedingt allerdings den Anfangstetanus, sammt den aufgesetzten Pulsen, aber dann bleibt das Herz ruhig, wie günstig auch die übrigen Bedingungen für die Entstehung seiner Schläge sein mögen.

Da in den frühern Abschnitten dieser Arbeit bereits gezeigt wurde, wie wenig haltbar die Annahme sei, dass auf makroskopisch von einander unterscheidbaren Orten des Herzens einerseits nervöse Apparate gelegen seien, welche bei ihrer Erregung die Diastolen verlängern, und andererseits solche, welche die Zuckung hervorrufen, so wird man es nur selbstverständlich finden, wenn ich die Folgen der Vergiftung nicht aus den getrennten Wirkungen auf die sog. hemmenden und motorischen Centra ableite, sondern sie vielmehr in Veränderungen eines einheitlichen automatischen Werkzeuges suche.

Zur Charakteristik des periodischen Wechsels zwischen Ruhe und Thätigkeit, in welchen die automatischen Werkzeuge durch die Unterbindung des Vorhofs gerathen, liefern die Giftversuche noch insofern einen Beitrag, als sie zeigen, dass der Uebergang in die Krise nicht auf einer Erschöpfung beruht. Denn es konnte das Herz durch Atropin zum Absterben gebracht werden, ohne dass dem letztern eine Krise vorausging und es konnten, wie oben beschrieben, am Nicotin-Herzen mehre vollständige Abläufe einer Periode hintereinander hervorgerufen werden. Aber wenn sich auch der Eintritt der letztern unabhängig von dem Grade der Leistungsfähigkeit des Herzens zeigte, so war dieses keineswegs der Fall mit der Art, wie die Phasen verliefen; denn hierauf übten alle Umstände, welche die Reiz-

barkeit des Herzens überhaupt zu ändern vermochten, einen deutlichen Einfluss.

Zum Schluss dieser Mittheilungen darf ich nicht unerwähnt lassen, dass mich Herr Prof. *C. Ludwig* zu dieser Arbeit angeregt und mir Herr Dr. *H. Kronecker* während der Ausführung der Versuche stets auf das bereitwilligste beigestanden hat; hierfür statte ich beiden meinen herzlichen Dank ab.

Dr. Paschutin, *Ueber die Absonderung der Lymphe im Arme des Hundes.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt.

Ein wesentliches Hinderniss für das Erkennen der Bedingungen, unter denen die Lymphe entsteht, lag bisher darin, dass die Stämme, denen sie entnommen werden musste, sich aus physiologisch sehr ungleichartigen Orten speisen. So setzt sich, um vom ductus thoracicus magnus zu schweigen, der Strom in dem truncus colli aus Zuflüssen zusammen, die von Drüsen und Muskeln, von der Cutis und der Schleimhaut herdringen. Dazu kommt, dass die Nerven, welche in dem Quellengebiete des Halsstammes endigen, aus verschiedenartigen Wurzeln entspringen. Wie aus diesem Grunde die Nerven, welche um die Anfänge des genannten Lymphstammes verlaufen, unbeherrschbar sind, so verhält es sich ähnlich mit den Blutgefässen wegen der zahlreichen Anastomosen, die sie mit benachbarten Gefässen eingehen. Dieser Nachtheil, welcher den Versuchen am Halsstamme anklebt, hat offenbar Veranlassung zu dem Suchen nach besseren Beobachtungsorten gegeben. Der von *Tomsa* gewählte Stamm, welcher die Lymphe aus den Hoden führt, ist allerdings von den Ausstellungen frei, welche für den des Halses gelten, dafür aber ist die Menge der Flüssigkeit, welche aus ihm zu gewinnen ist, so klein, dass man trotz sorgfältiger Messung nicht unbedeutenden Fehlern ausgesetzt ist. Wenn man ferner in Erwägung zieht, dass der Bau der Lymphwurzeln im Hoden vor anderen manche Eigenthümlichkeit voraus hat, so wird es auch, abgesehen von den Schwierigkeiten des Versuches, erklärlich, weshalb *Tomsa* auf dem von ihm be-

nutzten Gebiete keine Nachfolger fand. Unter diesen Umständen wird man es als einen Fortschritt ansehen dürfen, dass nun auch die obere Extremität des Hundes dem Versuche zugänglich gemacht ist. Veranlassung hierzu lag in den Erfahrungen von *Hammarsten* und in den Versuchen von *Genersich*, diese, weil sie gezeigt hatten, wie man den Ausfluss der Lymphe aus einer Gliedmaasse dauernd unterhalten, jene aber, weil sie lehrten, dass man aus dem isolirten truncus brachialis eine reichliche Menge von Lymphe erhalten könne. —

Die Vorzüge, welche der truncus brachialis als Sammelstelle der Lymphe bietet, bestehen darin, dass seine Wurzeln nur in der Haut und in den Muskeln liegen, so dass also im Gegensatz zum Halsstamm die Zahl verschiedenartiger Gewebe, in denen unsere Flüssigkeit entspringt, eine geringere ist, dann aber, und hier sehe ich den wesentlichsten Vortheil, darin, dass die obere Extremität willkürlich anzubringenden Veränderungen des Blutstromes und der Erregung ihrer Nerven leicht zugänglich ist. Neben diesen günstigen Umständen findet sich aber auch der störende, dass das Gebiet, aus welchem die aufgefangene Lymphe ihren Ursprung nimmt, sich nicht mit Sicherheit bestimmen lässt. Ausser von der obern Extremität — das Schulterblatt mit eingeschlossen — gehen gewiss auch noch Zweige aus den Nacken- und Brustmuskeln in den truncus brachialis ein, vielleicht sogar solche aus dem Rückenmarkskanal. Obwohl nun in der Regel keine Bewegungen in den zuletzt genannten Muskeln eingeleitet zu werden brauchen, wonach zu erwarten steht, dass die aus ihnen herkommende Lymphe von minimaler Menge ist, so würde es doch als eine wesentliche Verbesserung der Versuche anzusehen sein, wenn es gelänge, das Zuflussgebiet genauer abzugrenzen.

Um den truncus brachialis mit Sicherheit an der Leiche aufzufinden, injizirt man in einen Ballen der Vorderpfote eines mittelgrossen Hundes mittelst der Stichcanüle eine concentrirte wässerige Lösung von Berliner Blau; nachdem man zwischen einem halben und einem ganzen Cubikcentimeter der Flüssigkeit eingeführt hat, presst man den Ballen zwischen den Fingern und streicht dann, indem man die Extremität in allen ihren Gelenken mehrmals beugt und streckt, mit der Hand von der Pfote gegen das Schulterblatt hin aufwärts. Dieselbe Operation vom Einspritzen angefangen bis zum Empordrücken der Flüs-

sigkeit wiederholt man noch drei- bis viermal. Ist dies geschehen, so findet man nach sorgfältigem Abheben der Cutis in dem Unterhautbindegewebe eine Reihe prall gefüllter Lymphgefässe, die sämmtlich gegen den obern Rand des Schulterblattes hinstreichen und schliesslich durch eine Spalte im m. cucularis zu einer Lymphdrüse dringen, welche am obern Rande des Schulterblattes unter dem vordersten Theile des genannten Muskels gelegen ist. Wenn man diese Drüse blosgelegt hat, so wird man gewöhnlich finden, dass das Berliner Blau nicht durch sie hindurchgedrungen ist; um auch dieses letztere zu bewirken, setzt man in einen Zipfel der unregelmässig gestalteten Drüse eine Stichcanüle, bindet diese dort fest, und führt nun unter gelindem Drucke die Lösung von Berliner Blau ein; alsbald schiesst die Farbe in die vasa efferentia, sodass nun das Gefäss zum Vorschein kommt, welches in der beigegebenen Tafel mit *B* bezeichnet ist.

Nachdem man sich einmal am todten Thiere über die Lage dieses Gefässes orientirt hat, wird es mit Hülfe der beiliegenden Zeichnung oder eines Präparates leicht gelingen, dasselbe auch am lebenden aufzufinden. Immerhin wird es Jedem, der diese Operation zum ersten Male unternimmt, willkommen sein, noch die folgenden Vorsichtsmassregeln zu erfahren. Nachdem die Haut am äusserem Rande der v. jugularis durchschnitten ist, müssen aufs sorgfältigste alle kleinen Arterien, welche hierbei geöffnet sind, unterbunden und alle blutigen Verunreinigungen des blosgelegten Bindegewebes vermieden werden, weil man ohne dieses bei der Auffindung des Ganges Schwierigkeiten begegnen würde, da derselbe sich nur vermöge seiner Durchsichtigkeit von der Umgebung unterscheidet. Nach Vollendung des Hautschnittes suche man mit stumpfen Instrumenten zunächst die a. transversa colli auf und unterbinde ihren Stamm und sämmtliche aus ihr hervorgehenden Aeste — gewöhnlich vier an Zahl —, dann durchschneide man die Arterien zwischen den Unterbänden, wobei man den blutigen Inhalt der Gefässe sorgfältig in einem vorgelegten Schwamme auffängt. Hierauf lege man ebenfalls zwei Ligaturen um die v. transversa colli und durchschneide auch diese mit derselben Vorsicht für die Abhaltung des Blutes zwischen den Fäden. Beim Aufsuchen der genannten Blutgefässe halte man sich genau an die vordere Fläche derselben, da unmittelbar an ihrer gegen die Wirbel-

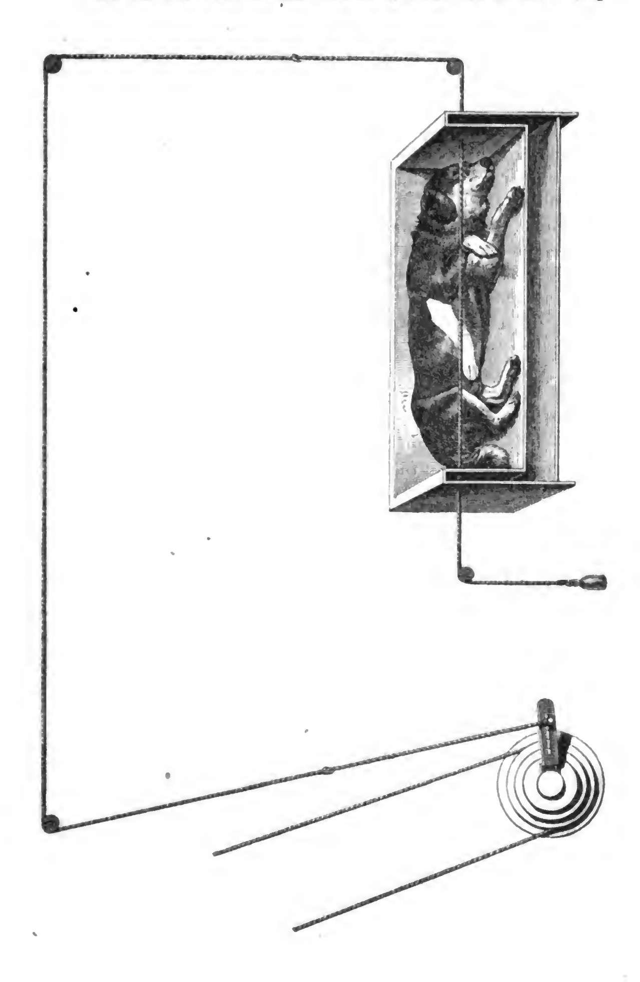
säule gerichteten Wand das Lymphstämmchen verläuft. Ist die Region, in welcher das letztere liegt, durch die Entfernung der deckenden Blutgefässe dem Blicke freigemacht, so führt man nun einige Beugungen und Streckungen der zugehörigen vorderen Extremität aus, und drückt die in ihren Gefässen enthaltene Lymphe gegen den truncus brachialis hin. Nach diesen Handgriffen schwillt der letztere alsbald an, und macht sich damit in der Wunde bemerklich. Sollte er aber noch nicht sichtbar werden, so zerre man das Bindegewebe, welches unterhalb des Ursprunges der v. transversa colli neben der v. jugularis liegt, sanft auseinander, und lasse nun, während man den genannten Ort genau durchmustert, das Strecken, Beugen und Ausstreichen der vorderen Extremität von einem Gehülfen wiederholen, so lange, bis der truncus in das Auge tritt. Ist dies geschehen, so legt man eine Ligatur um den Lymphstamm, möglichst nahe an seiner Einmündungsstelle in den truncus colli. Sowie der Faden zugezogen ist, füllt sich unter einem sanften Drucke auf die Schulterblattdrüse der Stamm sehr bedeutend an, so dass man nun leicht entscheiden kann, ob ausser den aus der Drüse kommenden Aesten auch noch andere von der Brust her dringende in ihn einmünden. Ist dieses letztere der Fall, so müssen sie zugebunden werden. Nach der Vollendung dieser Vorbereitungen muss das Stämmchen etwa fünf Millimeter lang sehr sorgfältig isolirt, ein Faden unter dasselbe geschoben, und darauf die Canüle eingesetzt werden. Als Material, aus welchem die letztere zu fertigen, empfiehlt sich auch hier Glas. Sehr rathsam ist es, die Einbiegung, welche die Glascanülen kurz hinter ihrem freien schräg abgestumpften Ende zu tragen pflegen, möglichst flach zu machen, weil in einer stärker verengten Partie die für gewöhnlich entstehenden Gerinnsel sich leicht so festsetzen, dass sie nur schwer zu entfernen sind. Um nun aber das Abgleiten des Lymphgefässes zu vermeiden, welches wegen der seichten Einbuchtung der Canüle leicht erfolgen kann, bindet man das freie Ende des Fadens, welcher das Lymphgefäss auf dem Glase festhält, noch einmal an das Kautschukröhrchen fest, das über das freie Ende der Canüle gebunden ist. Nachdem auch dieses geschehen, bringt man die Canüle in eine Lage, bei welcher das Lymphgefäss, ohne eine Zerrung zu erleiden, seinen Inhalt mit Leichtigkeit entleert. In dieser Stellung giebt man dem Glasröhrchen dadurch einen Halt, dass

man die beiden Hautränder ober- und unterhalb desselben mit je einer Klemm-Pincette zusammenfasst. Um das Aufsammeln der ausfliessenden Lymphe bequem bewirken zu können, setzt man in den Kautschuk der Lymphcanüle ein passend gebogenes kurzes Glasröhrchen, das an seinem freien Ende ein längeres Stück einer Röhre aus rothem Kautschuk trägt, welche in einen engen Messcylinder ausmündet. Bei dem geringen Volumen von Lymphe, welche man häufig zu erhalten pflegt, muss mit aller Sorgfalt jeder Verlust vermieden werden. Ausser den selbstverständlichen Vorsichtsmassregeln, die sich auf die Lage des Schlauches, die Verdunstung u. s. w. beziehn, ist besonders aufmerksam zu machen auf die Verstopfung, welche durch die Gerinnung in der Canüle herbeigeführt wird. Damit jeder Verdacht eines Verlustes, der hierdurch entstehen könnte, ausgeschlossen bleibe, habe ich mindestens aller zehn Minuten die Canüle mit einem stumpfen Metalldrähtchen gereinigt, so dass ich sicher bin, aus diesem Grunde keine Trübung meiner Resultate erlitten zu haben. — Wenn der Ausfluss der Lymphe ein sehr mässiger war, so zog ich es vor, die Glasröhre, welche in der Canüle steckte, herauszunehmen, um ihren Inhalt unmittelbar in das Massgefäss zu entleeren, damit der Verlust vermieden werde, welcher durch das Anhaften der Flüssigkeit am Kautschukrohr bedingt gewesen wäre.

Jeder Gesammtversuch, der an je einem Thiere angestellt wurde, zerfällt in eine Anzahl von Abschnitten oder Perioden. Soll die in einer Periode ausgeflossene der wahre Ausdruck für die in ihr entstandene Lymphmenge sein, so muss die Beobachtung bei demselben Füllungsgrade der Lymphgefässe schliessen, mit welchen sie begonnen hatte. Diese Aufgabe lässt sich, wie ich glaube, mit Sicherheit erfüllen, vorausgesetzt, dass das Gebiet, aus welchem die Lymphe zusammenfliesst, sich auf die vordere Extremität beschränkt. Ihre grössern Lymphgefässe liegen oberflächlich, sie sind einem Drucke, der auf die Haut wirkt, leicht zugänglich und somit kann man ihren Inhalt gegen den Stamm hin entleeren, wenn man von der Pfote aus drückend und streichend gegen das Schulterblatt vorschreitet. Da sich somit zu jeder beliebigen Zeit die Lymphgefässe vollkommen ausdrücken lassen, so habe ich den Zustand minimaler Füllung als denjenigen benutzt, von welchem ein Abschnitt des Versuches begann, und bei welchem er endete.

Die Beobachtungen von *Genersich* und *Lesser*, die ich in dieser Beziehung vollkommen bestätigen kann, haben gezeigt, dass sich die Lymphe aus den Gliedmaassen nur dann regelmässig entleert, wenn dieselben activ oder passiv bewegt werden. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Ausfluss stattfindet, hängt wesentlich von der Intensität der Bewegung und dem Takte ab, in dem sie wiederkehrt. Aus diesem Grunde musste ich in meine Versuche eine sehr regelmässige Bewegung einführen; eine solche war nur durch Maschinenhülfe zu gewinnen. Die Art, wie dies Letztere herbeigezogen wurde, ist auf dem nebenstehenden Holzschnitte versinnlicht. Von der Transmissionswelle des Motors lief eine Schnur über die Stufenscheibe, die sich um eine horizontale Axe drehen liess. Vom Centrum dieser Scheibe trat ein geschlitzter Arm hervor, an welchem eine Schnur geknüpft war, die, nachdem sie über drei Rollen gelaufen, die Pfote des Hundes angriff, welcher, wie man sieht, innerhalb eines Kastens mit doppelten Wänden liegt. Jenseits der Pfote setzt sich die Schnur zuerst horizontal und dann mittelst einer Rolle senkrecht fort; an ihrem freien Ende hängt ein Gewicht. Die Wirkung dieses Apparates ist leicht zu verstehen. Wenn der Stab auf der Stufenscheibe senkrecht nach oben steht, so zieht das Gewicht am freien Ende des Fadens die obere Extremität in die Lage, welche die nichtschattirte obere Extremität einnimmt. Wenn dagegen der Stab der Scheibe senkrecht nach unten gerichtet ist, so nimmt die obere Extremität die Stellung ein, wie sie das schattirte Glied zeigt. Da der zu den Versuchen dienende Motor sich sehr regelmässig bewegt, so wird auch während der ganzen Dauer des Versuches die Extremität in gleichmässigem Takte hin und her gezogen; die Ausgiebigkeit der Bewegung konnte durch die Verstellung des Stiftes in dem Schlitze des Scheibenarmes, der Rhythmus derselben aber dadurch geregelt werden, dass die von der Transmission herkommende Schnur auf verschiedene Nuthen der Stufenscheibe hingelegt wurde.

Nachdem ich im Allgemeinen dargelegt habe, auf welche Weise eine regelmässige Bewegung des Hundearmes bewirkt wurde, habe ich noch einige Einzelheiten, die für die Ausführung derselben von Bedeutung sind, nachzutragen. Zuerst sei erwähnt, dass die Schnur, wie es der Einfachheit wegen in der Zeichnung geschehen, nicht an dem Handgelenk, sondern an den Nägeln befestigt war, und zwar dadurch, dass einer oder mehrere der-



selben in einiger Entfernung von ihrer Spitze mit einem feinen Stichel durchbohrt waren. Durch die Oeffnungen waren Hanffäden gezogen, und diese zu einer Schlinge zusammengebunden, welche in ein Häkchen, das an der Schnur befestigt war, eingehängt wurde. Bei dieser Befestigungsweise wurde ebensowohl das Gleiten der Schnur über die Extremität, wie auch die schädliche Reibung der Haut vermieden. — Auch wurde nicht in allen Versuchen das Thier in den Kasten gelegt. Dieses Letztere geschah nur dann, wenn es in der Absicht lag, den Grad der Abkühlung, welchen der Hund erleiden sollte, in einer bestimmten Weise zu regeln. Wo man diese Complication des Versuches nicht für nöthig erachtete, wurde der Hund in der Rückenlage befestigt, und dann seine obere Extremität von der Maschine einfach emporgehoben und durch ihr eigenes Gewicht wieder gesenkt. Bei dieser Anordnung fielen natürlich die beiden unteren Rollen und das an die Schnur angehängte Gewicht fort. Der Antrieb, welchen die Lymphe durch diese Maschinenführung erhielt, war ein mässiger, selbst wenn in der Minute fünfzig Streckungen ausgeführt wurden. An Stärke war er zum mindesten nicht demjenigen gleich, welchen man der Lymphbewegung durch Beugen, Strecken und Streichen der oberen Extremität mit der menschlichen Hand zu ertheilen vermag, ohne dass dieselbe sich merklich anstrengt. Den Nachweis hierfür werde ich im Verlaufe dieser Abhandlung noch bringen. — An diesem Orte will ich auch sogleich die Einrichtung des Kastens beschreiben, welcher zur Erwärmung resp. Abkühlung des Thieres diente; er war aus Zinkblech gefertigt, der Raum zwischen den doppelten Wänden war mit Wasser gefüllt, welches durch eine aus einem Regulator gespeiste Flamme auf einen gewünschten Temperaturgrad gebracht, beziehungsweise erhalten werden konnte. Die obere Oeffnung des Kastens war mit einer beweglichen Glasplatte bedeckt, durch welche in einer passenden Oeffnung ein Schlauch geführt werden konnte, der vom Blasebalg aus zur Luftröhre behufs der künstlichen Respiration herlief.

Zu den Variationen, die ich an meinen Versuchen anzubringen gedachte, war es noch nothwendig, den plex. brachialis oder das Halsmark oder beide zu durchschneiden, beziehungsweise zu reizen. Die Aufsuchung des plex. brachialis wurde von der Wunde aus unternommen, die behufs der Entblössung des Lymphstammes angelegt war. Um die Verletzung dieses Letzteren

zu vermeiden, wurde er zuerst freigelegt, ohne dass jedoch auch sogleich die Canüle in ihn eingesetzt ward. Hierauf erst schritt man zur Isolation des plexus, welche bei einiger anatomischer Kenntniss keine Schwierigkeit hat. Unter seine Stränge wurden Fäden geschoben, damit er entweder sogleich oder später durchschnitten werden konnte.

Zum Halsmark drang man in der Regel etwas oberhalb der unteren Grenze des zweiten Halswirbels. Diese wegen der Härte der Knochen schwierige Operation kann sehr erleichtert werden, wenn man den Bogen des Epistropheus zweimal beiderseits neben der Mittellinie mit einem Trepane durchbohrt und die zwischen beiden Oeffnungen gelegene Knochenbrücke mit der Zange wegbricht. Die Wahl dieses Ortes empfiehlt sich vor der leichter erreichbaren membr. atlantico-occipitalis deshalb, weil am letzteren Orte die Durchschneidung des Markes gewöhnlich von Blutungen begleitet ist, die nur durch die Tamponade zu stillen sind, während am unteren Ende des zweiten Halswirbels nach Eröffnung der dura mater das Mark ohne jegliche Blutung zu durchtrennen ist. Dieser Umstand ist aber darum von grosser Bedeutung, weil die Thiere nach Durchschneidung des Rückenmarks schon durch kleine Blutverluste rasch dem Tode entgegengeführt werden. Aus diesem Grunde ist es auch nothwendig, bei der Bloslegung der Wirbel auf das sorgfältigste jede Blutung zu vermeiden, resp. einer eingetretenen entgegen zu wirken. Zu diesem Behufe wurde in der Regel der grosse Ast der a. profunda cervicis unterbunden, welcher auf der mittleren Muskelschicht des Halses nach hinten streicht, und die kleinen Muskeln, welche unmittelbar von dem Bogen des zweiten und dritten Halswirbels entspringen, mit einem Schaber vom Knochen abgehoben. Trotz aller Vorsicht sterben die Thiere wegen allzuschwachen Blutstromes oft ab, wenn man sie aus der Bauch- in die Rückenlage bringt. Diesem Unfalle bin ich von dem Augenblicke an nicht mehr ausgesetzt gewesen, wo ich nach Durchschneidung des Markes den hinteren Extremitäten eine erhöhte Lage gegeben habe. — Unmittelbar nach der Durchschneidung des Markes wurde die schon vorher eingelegte Luftröhrencanüle mit dem respiratorischen Blasebalge verbunden, und dann die Electroden angelegt, durch welche nach Wunsch die reizenden Inductionsströme zugeführt werden können. Anfänglich benutzte ich als solche zwei Stahlstifte, die in den Bogen des dritten Hals-

wirbels eingebohrt und soweit, als sie aus den Knochen hervorragten, durch übergesteckte Glasröhren isolirt waren. Alsbald habe ich statt ihrer zwei übersponnene und gefirnisste Kupferdrähte in den Sack der dura mater eingeführt, und zwar so, dass die beiden blanken in Platindraht auslaufenden Enden derselben in ungleicher Höhe standen. In dieser Lage wurden die Drähte durch einen Kork fixirt, der in die Knochenwunde zwischen sie eingeschoben wurde. Wenn die Drähte auf diesen Kork noch festgebunden werden und dieser selbst von einer durch die Haut geführten Naht niedergehalten wird, so kann man mit Sicherheit darauf rechnen, dass die Electroden während der ganzen Dauer des Versuches unverrückt liegen bleiben. — Ich werde wohl kaum zu erwähnen haben, dass der plex. brachialis erst nach der Durchschneidung des Rückenmarkes aufgesucht und weiterbehandelt wurde, wenn beide Operationen an demselben Thiere zur Ausführung kamen.

Der Blutdruck wurde in der a. carotis bestimmt; die Messung wurde entweder ununterbrochen während der ganzen Dauer des Lymphabflusses oder in sehr kurzen Zwischenräumen von je drei bis fünf Minuten ausgeführt. Das letztere Verfahren kam nur da in Anwendung, wo die Druckschwankungen unbedeutend waren, wie dies z. B. nach der Zerschneidung des Rückenmarkes bei Abwesenheit jeglicher Reizung der Fall ist. Somit sind die Zahlen, durch welche in dieser Abhandlung der mittlere Blutdruck angegeben wird, ein Ausdruck für das Mittel der Druck-Variationen, welche während der Dauer des ganzen Versuches vorhanden waren. Ausser dem Volumen der Lymphe, welche in einer gegebenen Zeit ausfloss, habe ich meist auch noch den procentischen Gehalt ihres Serums an festem Rückstande bestimmt.

Bei der nun folgenden Mittheilung der gewonnenen Ergebnisse werde ich zuerst nur von der abgesonderten Lymphmenge sprechen.

I. Von der mittleren Ausflussgeschwindigkeit der Lymphe.

1. Eine Erscheinung, die bei allen Versuchen wiederkehrte, bestand darin, dass sich mit der Dauer des Versuches der Ausfluss der Lymphe verlangsamte, vorausgesetzt jedoch, dass die Bedingungen, unter denen sich das Thier befand, unverändert blieben. War dies geschehen, so galt die ausgesprochene Regel, gleichgiltig, ob das Thier vergiftet oder unvergiftet der gewöhn-

lichen Temperatur der Luft oder einer höheren ausgesetzt, ob sein Rückenmark durchschnitten oder unversehrt erhalten wurde. — Um keinen Zweifel über den Sinn des soeben ausgesprochenen Satzes aufkommen zu lassen, betone ich noch einmal, dass die Absonderungsgeschwindigkeit der Lymphe mit der wachsenden Zeitdauer des Versuches nur so lange abnimmt, als die Bedingungen unverändert bleiben, unter welchen derselbe angestellt ist. Tritt eine solche Aenderung ein, wird z. B. das vorher kühl gehaltene Thier unter gewissen Umständen erwärmt, oder wird in einem spätern Termin mit Curare vergiftet, so kann nun die Absonderung reichlicher werden, aber ist erst einmal die volle Wirkung der neuen Bedingung zum Vorschein gekommen, so sinkt nun abermals mit der wachsenden Beobachtungsdauer die Absonderungsgeschwindigkeit. Zur Bekräftigung hierfür theile ich aus den am Ende dieser Abhandlung angefügten Versuchsprotokollen eine grössere Reihe von Beispielen mit. Die Zahlen, auf die es wesentlich ankommt, sind im dritten Stabe der Tabellen enthalten, sie sind den mittleren Geschwindigkeiten des Ausflusses proportional; als Zeiteinheiten sind überall 10 Minuten zu Grunde gelegt. Die Reihenfolge, in der die Zahlen in je einer Versuchsnummer untereinander folgen, ist dieselbe, in welcher die Lymphmengen bei der Beobachtung gewonnen sind, so dass also die in der Verticalen tiefer stehende Zahl aus einer spätern Zeit als die darüber stehende herrührt. — Die Temperaturen sind mit dem hundertheiligen Thermometer gemessen. — Wenn im ersten Stabe unter der Nummer des Versuchs ein Giftname steht, so bedeutet dieses, dass die Vergiftung schon vor dem Beginn der Aufsammlung stattgefunden hatte. — Der Uebergang aus den magern in die fetten Zahlen soll den Leser darauf aufmerksam machen, dass sich in dieser Zeit die Bedingungen des Versuchs geändert haben.

Unversehrte Thiere.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
5. Erster Theil. Curare-Vergiftung.	12,33	1,92	39,0	Maschinenbewegung.
		0,8	—	Ruhe.
		1,27	38,9	Maschinenbewegung.
6. Erster Theil. Curare.	18,65	3,08	38,6	Maschinenbewegung.
		3,08	38,4	
		1,33	—	Ruhe.
		2,53	38,4	Maschinenbewegung.
9. Opiumnarkose.	Mittelgrosses Thier.	1,05	—	Maschinenbewegung.
		0,65	—	
17. Opiumnarkose.	4,75	1,1	39,0	Maschinenbewegung.
		0,9	38,5	
		—		50 Minuten Ruhe.
		0,8	36,2	Maschinenbewegung.
		0,4	37,0	
		0,4	37,4	
		—		37 Minuten Ruhe.
		0,9	*40,0*	Maschinenbewegung
		0,7	*41,0*	
		—		10 Minuten Ruhe.
		0,9	*42,0*	Maschinenbewegung.
		—		10 Minuten Ruhe.
		0,8	*42,8*	Maschinenbewegung.

Unversehrte Thiere.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
15. Curare.	Mittelgrosses Thier.	2,6	—	Maschinenbewegung.
		1,6	35,8	
		1,4	—	
		—		Kurze Ruhe.
		1,6	36,2	Maschinenbewegung.
		1,3	37,0	
		1,2	38,0	
		—		30 Minuten Ruhe.
		3,0	*40,5*	Maschinenbewegung.
		2,6	*41,0*	
		2,9	*42,0*	
		—		15 Minuten Ruhe.
		2,0	*43,5*	Maschinenbewegung.
		—		15 Minuten Ruhe.
		1,5	*45,0*	Maschinenbewegung.
		—		13 Minuten Ruhe.
18. Opiumnarkose.	4,6	0,46	36,5	Maschinenbewegung.
		0,34	36,4	
		—		Ruhe 50 Minuten.
		0,54	*39,8*	Maschinenbewegung.
		—		10 Minuten Ruhe.
		0,70	*40,6*	Maschinenbewegung.
		—		10 Minuten Ruhe.
		0,84	*41,6*	Maschinenbewegung.
		—		10 Minuten Ruhe.
		1,70	*41,6*	Zuckungen.

Unversehrte Thiere.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
16. Curare.	13,2	3,89	37,0	Maschinenbewegung.
		2,33	36,6	
		1,67	36,5	
		—		8 Minuten Ruhe.
		1,23	36,4	Maschinenbewegung.
		—		14 Minuten Ruhe.
		1,0	37,2	Maschinenbewegung.
		—		17 Minuten Ruhe.
		1,15	*39,0*	Maschinenbewegung.
		—		19 Minuten Ruhe.
		1,0	*40,9*	Maschinenbewegung.
		—		18 Minuten Ruhe.
		0,87	*42,1*	Maschinenbewegung.
		—		13 Minuten Ruhe.
		0,71	*43,2*	Maschinenbewegung.
19. Curare.	14,65	2,0	39,0	
		1,25	—	

Plexus brachialis dexter durchschnitten.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
5. Zweiter Theil. Curare.	12,33	0,8	39,1	Maschinenbewegung.
		—		13 Minuten Ruhe.
		0,517	39,5	Maschinenbewegung.
6. Zweiter Theil. Curare.	18,65	1,66	38,4	Maschinenbewegung.
		—		12 Minuten Ruhe.
		1,21	38,5	Maschinenbewegung.

Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel durchschnitten.

Nummer des Versuches	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
1.	45,0	0,85		Maschinenbewegung.
		0,40		
		0,25		
		0,0		Ruhe.
		0,20		Maschinenbewegung.
		0,73		Kräftig mit der Hand bewegt.
2.	31,08	2,91	38,7	50 Mal in der Minute mit der Maschine gestreckt.
		1,66	—	
		1,00	38,5	
		4,12	38,4	50 Mal in der Minute kräftig mit der Hand gestreckt.
		2,87	—	
		2,22	38,1	
		0,73	—	Streckung wie in Periode I.
		0,50	37,7	
		1,25	—	Streckung wie in Periode II.
		1,0	37,0	
		0,92	—	
		0,46	36,5	Streckung wie in Periode I.
11. Curare-Vergiftung.	Grosses Thier.	2,31	36,6	Maschinenbewegung.
		1,38	36,3	
13.	5,12	2,1	37,0	Maschinenbewegung.
		0,7	36,6	
		0,4	36,0	
		—		130 Minuten Ruhe. Durch Ausdrücken des Gliedes zwei Tropfen Lymphe gewonnen.
		0,5	*41,0*	
		0,3	*42,0*	Maschinenbewegung.
		0,1	*43,0*	
		0,04	*44,1*	

Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel durchschnitten.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
14.	7,25	0,66	37,0	Maschinenbewegung.
		0,53	36,0	
		0,40	35,2	
		—		85 Minuten Ruhe. Durch Ausdrücken des Gliedes 0,7 Ccm. Lymphe gewonnen.
		?		
		0,33	*40,6*	Maschinenbewegung.
		?		
		0,20	*41,6*	

Halsmark und plexus brachialis durchschnitten.

Nummer des Versuches.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
3.	12,0	0,43	37,7	Maschinenbewegung.
		0,16	—	Ruhe.
		0,25	—	Maschinenbewegung.
		0,14	—	Ruhe.
		0,18	37,2	Maschinenbewegung.
				Curare.
		0,18	—	Ruhe.
		0,53	37,0	Maschinenbewegung.
		0,25	—	Ruhe.
		0,78	—	Maschinenbewegung.
		0,5	—	Ruhe.
		1,03	36,7	Maschinenbewegung.
		0,42	—	Ruhe.
		0,71	—	Maschinenbewegung.
		0,25	—	Ruhe.
		0,50	36,5	Maschinenbewegung.
		—	—	Ruhe.
		0,43	35,5	Maschinenbewegung.
		0,12	—	Ruhe.
		0,36	—	Maschinenbewegung
		—	—	Ruhe.
		0.29	—	

Halsmark und plexus brachialis durchschnitten.

Nummer des Versuches.	Körper-gewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Minuten.	Tempe-ratur in ano.	Bemerkungen.
		Ccm.		
4.	14	0,29	40,0	Maschinenbewegung.
		0,15	40,0	
				Curare.
		0,33	40,1	Maschinenbewegung.
		0,40	—	
		0,57	—	
		0,43	40,3	
		0,30	—	
		0,23	—	
		0,13	40,6	
7.	Grosses Thier.	0,64	37,4	Maschinenbewegung.
		0,36	37,8	
8.	Grosses Thier.	0,65	35,3	Maschinenbewegung.
		0,54	35,8	
10. Curare-Vergiftung.	21	8,15	38,1	Maschinenbewegung.
		4,75	—	

Durch diese Zahlenreihen könnte man zu der Meinung veranlasst werden, dass die ausgeflossene Lymphe nicht in den einzelnen Beobachtungszeiten abgesondert, sondern ganz oder theilweise aus einem Vorrath geschöpft sei, der vor den Versuchen in den Lymphgefässen oder in Gewebspalten aufgehäuft gewesen. — Die Annahme, dass man es mit einer schrittweisen Entleerung der Lymphgefässe selbst zu thun gehabt, widerlegt sich leicht durch die Erfahrungen, die man beim Auspressen jener

mit der Hand zu machen pflegt. Wenn man einigemal mit Sorgfalt das Glied ausgestrichen hat, so kann unmittelbar nachher durch wiederholte selbst sehr kräftige Pressung keine weitere Menge von Flüssigkeit erhalten werden. — Die Annahme, dass in den Versuchsperioden ein Vorrath von Gewebsäften ausgeführt sei, kann ich allerdings nicht mit dem schlagenden Argument widerlegen, welches *Hammarsten* der grossen Lymphmengen wegen, die er erhielt, zu Gebote stand. Nicht minder triftig erscheinen mir jedoch die folgenden Beweise. Zuerst das Verhalten des Ausflusses bei einem Wechsel von schwachen und starken Zugbewegungen des Gliedes, wie sie beispielsweise in der Versuchsnummer 2 p. 109 notirt sind. In ihr wechselte eine Maschinenstreckung mit einer Bewegung ab, die durch die Hand des Beobachters eingeleitet war. Als auf die schwächer wirksame Maschinenbewegung die kräftigere der Hand folgte, hob sich plötzlich die Abflussgeschwindigkeit, um während einer Dauer von 25 Minuten zwar allmälig abzunehmen, ohne jedoch auf die geringe Menge zu sinken, die vor dem Eintritt des kräftigeren Pumpens vorhanden war. Als darauf die Maschinenbewegung wieder eintrat, kehrte die Ausflussgeschwindigkeit zurück, welche ohne das Dazwischentreten des rascheren Abflusses zu erwarten gewesen wäre. In ähnlicher Weise wiederholte sich die Erscheinung noch einmal, als dieselben Bedingungen der Zeit nach auf einander folgten. Die Wiederkehr der Absonderung und zwar in unverminderter Stärke, wenn auf die wirksamere die weniger kräftige Bewegung folgt, scheint mir durchaus unvereinbar mit der Annahme, dass durch die passive Bewegung nichts Anderes, als die Entleerung eines schon vorhandenen Vorrathes bewirkt werde. Unter dieser letzteren Voraussetzung wäre zu erwarten gewesen, dass die schwächere Bewegung, wenn sie hinter der stärkeren folgte, sich vollkommen unwirksam verhalten hätte. — Auf einen weitern, und wie mir scheint sehr eindringlichen Beweisgrund für die Behauptung, dass die in einer Beobachtungszeit ausgeflossene Lymphe auch in ihr gebildet sei, werden wir treffen, wenn von dem Wassergehalte der entleerten Flüssigkeit die Rede ist. Hier mag es genügen zu erwähnen, dass er in beinahe jeder Portion von einem anderen Werthe ist. — Wenn die bisher vorgebrachten Mittheilungen einfach dafür sprechen, dass die während einer Bewegungsperiode herausbeförderten Lymphmengen in ihr auch wirklich abgesondert seien, so weist eine

andere Erfahrung den Bewegungen einen bedeutungsvollen Antheil an der Absonderung zu. Ohne die letztere Unterstellung würde es unmöglich sein, die Erscheinungen zu erklären, welche in den Versuchen 13, 14 und 18 zur Beobachtung kamen. In ihnen wurden zwischen die Perioden der Bewegung Zeiten der Ruhe und zwar zum Theil stundenlang andauernde eingeschoben. In diesen Zeiten stockte der Ausfluss entweder vollständig, oder es konnten nachträglich durch Auspressung des Gliedes nur sehr spärliche Mengen von Lymphe gewonnen werden, ja es floss, als die pumpende Bewegung wieder anhob, nicht mehr Lymphe aus, als vor der Ruhe durch dieselbe Bewegung abgetropft war. — Nach allem diesem kann kein Zweifel an dem wirklichen Bestehen einer Absonderung erhoben werden, was schon an und für sich von Interesse ist, weil sie in den vorstehenden Versuchen auch häufig an Thieren auftrat, deren Halsmark und plexus brachialis vorgängig durchschnitten worden war. Hieraus ist zu schliessen, dass die Lymphbildung an den Orten, an welchen sie durch die passive Bewegung der Glieder eingeleitet wird, unabhängig von dem Zuthun der nervösen Centralorgane auftreten kann. Zu weit würde man dagegen gehen, wenn man aus meinen Versuchen schliessen wollte, dass die Lymphe auch unabhängig von der Nervenerregung abgesondert werde; hierzu liegt deshalb keine Berechtigung vor, weil es nicht bestritten werden kann, dass in der pumpenden Bewegung die Veranlassung zu einer Nervenerregung gelegen ist.

Die Bemerkung, dass in den Perioden der Ruhe die Absonderung der Lymphe stocke, gilt nicht für alle Fälle; häufig findet sich auch zu dieser Zeit eine merkliche wenn auch bedeutend verminderte Absonderung, namentlich ereignet sich dieses im Beginn der eingeleiteten Curare-Vergiftung. In diesen Beobachtungen bot also die vordere Extremität Erscheinungen dar, wie sie unter allen Umständen für den Hoden und die Speicheldrüsen gelten, aus denen bekanntlich selbst bei vollkommen ruhiger Lage Lymphe hervorströmt. Da die Structuren der Orte, aus welchen die Lymphe in den Gliedmaassen entsteht, verschiedenartige sind, so muss es unentschieden bleiben, ob an dieser »Ruhe-Lymphe« sich z. B. nur die lymphgefässreichen Fingerballen oder auch andere Stücke der vorderen Extremität betheiligen.

Wenn wir noch einmal zu der Erscheinung zurückkehren,

dass mit der Dauer des Versuches die Geschwindigkeit des Lymphausflusses abnimmt, so erhebt sich zunächst die Frage nach dem Grunde hierfür. Auf den ersten Blick würde man an eine Ermüdung des absondernden Apparates denken, wenn es mit dieser Anschauung vereinbar wäre, dass nach selbst stundenlangen Ruhezeiten, welche zwischen die Beobachtungen mit Bewegung eingeschoben wurden, die Erholung niemals wiederkehrte. Darnach scheint es, als ob diese Vorstellung unhaltbar wäre. — Eine andere der möglichen Unterstellungen würde darin bestehen, dass durch die passiven Bewegungen der Blutstrom in den Geweben eine Veränderung erfahren. Auf eine Widerlegung dieser Annahme will ich hier nicht eingehen, weil ich gleich auf die Besprechung der Wirkung des Blutstromes zurückkommen werde. — Eine dritte Aussicht für die Erklärung des auffallenden Phaenomens bietet sich durch eine gleichzeitige Aenderung in der Zusammensetzung der ausgeflossenen Lymphe. Auf sie werde ich an einem spätern Orte dieser Abhandlung eingehn.

2. Ueber die Wirkung des Curare auf die Lymphabsonderung. — Wer mit der Absicht umgeht, jede der Bedingungen, die an der Lymphbildung betheiligt sind, für sich zu studiren, der wird vor Allem die selbständigen Bewegungen der Gliedmaassen auszuschliessen haben. Dieser Aufgabe kann nur durch die Vergiftung mit Curare genügt werden; weil es aber durch die Versuche von *Lesser* sehr wahrscheinlich geworden war, dass das Curare selbst die Absonderung modifizirt, so musste seine spezifische Wirkung zunächst geprüft werden, und dieses zwar unter den Umständen der spätern Versuche. Mein nächstes Ziel ging nun darauf hinaus, die Lymphe zu gewinnen während das Rückenmark und der plex. brachialis durchschnitten waren; demgemäss ordnete ich den Versuch so, dass dem Thiere zuerst das Halsmark und der plex. brachialis durchschnitten wurden, und dann während einer bestimmten Zeit die Lymphe aus der vorderen Extremität ausgepumpt ward. Nach Beendigung dieses ersten Abschnittes wurde dem Thiere rasch eine zur Vergiftung genügende Portion von Curare in eine Vene eingespritzt, und dann auf die frühere Weise mit der Gewinnung der Lymphe fortgefahren. Die nachstehenden Zahlen enthalten das Resultat, welches diese Versuche gegeben haben.

Halsmark und plexus brachialis dexter durchschnitten.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
3.	12	0,43	54	37,7	Maschinenbewegung.
		0,16			Ruhe.
		0,25	56		Maschinenbewegung.
		0,14			Ruhe.
		0,18	59	37,2	Maschinenbewegung.
					Curarevergiftung.
		0,18			Ruhe.
		0,54	*50*	*37,0*	Maschinenbewegung.
		0,25			Ruhe.
		0,79	*41*		Maschinenbewegung.
		0,50			Ruhe.
		1,04	*39*	*36,7*	Maschinenbewegung.
		0,42			Ruhe.
		0,71	*43*		Maschinenbewegung.
		0,25			Ruhe.
		0,50	*40*	*36,5*	Maschinenbewegung.
					Ruhe.
		0,43	*39*	*35,5*	Maschinenbewegung.
		0,12			Ruhe.
		0,36	*40*		Maschinenbewegung.
					Ruhe.
		0,29	*46*		Maschinenbewegung.
4.	14	0,30	90	40	
		0,15	92		
					Curare-Vergiftung.
		0,33	75	40,1	
		0,40	71		
		0,57	66		
		0,43	61	40,3	
		0,30	59		
		0,23	60		
		0,13	65	40,6	

In der That wächst nach dem Eintritte der Curare-Vergiftung die Geschwindigkeit der Absonderung, und zwar so, dass sie etwa 40 bis 50 Minuten nach ihrem Beginne ein Maximum erreicht hat, und dann allmälig wieder abninmt. Aus dem Versuche 3 ist zu ersehn, dass die Beschleunigung des Ausflusses nicht bloss in den Zeiten der Bewegung, sondern auch in denen der Ruhe besteht; eine Thatsache, aus welcher die Bedeutung des Curare für die Geschwindigkeit der Absonderung vorzugsweise deutlich hervorgeht. — Diese Fluthwelle, welche sich in den Gang der Absonderung einschiebt, erscheint um so beachtenswerther, als sie ausser allem Zusammenhange mit einigen der wesentlichsten Vergiftungserscheinungen steht. So ändert sich namentlich während des ganzen Ablaufes derselben gar nichts im Lähmungszustande der quergestreiften Muskeln, und dass das Ansteigen und Wiederabsinken der Absonderung mit dem arteriellen Blutdrucke nicht parallel geht, ist aus den vorstehenden Zahlen zu erkennen. Ausser den erwähnten Erscheinungen erzeugt die Vergiftung mit Curare bekanntlich auch eine mehr oder weniger lang andauernde Röthung der Haut. Bei der Schwierigkeit, für diese ein ausreichendes Maass zu finden, muss es unentschieden bleiben, ob die Periode des beschleunigten Lymphstromes mit ihr zusammenfällt. Vielleicht haben die Wirkungen des Curare auf den die Lymphe absondernden Apparat eine gewisse Analogie mit denjenigen auf die Speicheldrüsen. Eine Entscheidung hierüber wird jedoch erst nach weitergehenden Untersuchungen zu treffen sein, welche zu beachten haben werden, dass das Curare mit der Geschwindigkeit zugleich auch die Zusammensetzung der abgesonderten Lymphe in einer eigenthümlichen Weise ändert, wovon ich in einem spätern Abschnitt dieser Abhandlung noch sprechen werde.

3. Von der Aenderung der Lymphabsonderung in Folge einer Vermehrung des Zuströmens an Blut. — Um die vordere Extremität des curarisirten Thieres mit Sicherheit in eine arterielle Congestion zu versetzen, stehen mehrere Wege offen. Den einfachsten wählte ich zuerst; er besteht darin, den plexus brachialis sorgfältig bloszulegen, darauf die Lymphe auszupumpen, und dann erst, nachdem der plexus durchschnitten war, mit der Gewinnung der Lymphe fortzufahren. Der zeitliche Abstand zwischen dem Beginn des Versuches und der Zerschneidung des plexus wurde so gewählt, dass man sicher noch in die Pe-

riode der wirksamen Curare-Vergiftung hineintraf. Die Absicht, welche mit der Durchschneidung der Armnerven erreicht werden sollte, lag, wie ich kaum zu sagen brauche, darin, dass hierdurch eine Lähmung der Gefässnerven und somit eine stärkere Strömung durch die kleinen Arterien herbeigeführt werde.

Der Beweis dafür, dass die Operation von dem gewünschten Erfolge begleitet war, wurde auf bekannte Weise geliefert, die Pfote erwärmte sich nach derselben und blutete aus einem Nadelstiche viel mehr, als es vorher der Fall gewesen. Die Resultate zweier Versuche sind in den nachstehenden Zahlen niedergelegt.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano	Bemerkungen.
5. Curare-Vergiftung	12,33	1,92	130	39,0	Maschinenbewegung.
		1,27	125	38,9	
					Plexus brachialis durchschnitten; die entsprechende Pfote wird wärmer, aus einem Nadelstich in dieselbe erfolgt eine stärkere Blutung als vorher.
		0,80	170	39,1	Maschinenbewegung.
		0,52	150	39,5	
6. Curare-Vergiftung	18,65	3,08	130	38,6	Maschinenbewegung.
		3,08	129	38,4	
		2,53	126	—	
					Plexus brachialis durchschnitten; die entsprechende Pfote wird wärmer.
		1,66	164	38,4	Maschinenbewegung.
		1,21	168	38,5	

Aus diesen Beobachtungen leuchtet auf das Allerdeutlichste die vollkommene Einflusslosigkeit des gesteigerten Arterienstromes auf die Absonderung der Lymphe hervor, denn ihre Geschwindigkeit fiel nach der Durchschneidung regelmässig ab, trotzdem dass der arterielle Blutdruck nach derselben höher als vorher geworden war, und trotzdem dass sich die Pfote und somit doch wohl auch alle übrigen Theile der Extre-

mität durch die erhöhte Wärme und die vermehrte Blutung als blutreicher erwiesen.

Um an diesen für die gegenwärtige Anschauung unerwarteten Ergebnissen keinen Zweifel zu lassen, griff ich auch noch zu dem folgenden Verfahren, durch welches die arterielle Strömung in einer noch weit wirksameren Art gefördert werden musste. Jetzt nämlich wurde das Halsmark durchschnitten und mit Electroden versehen und darauf auch sogleich der plexus brachialis durchtrennt. Infolge dieser Vorbereitung konnte man wechselnd, je nach dem Reizungszustande des Markes, die Lymphe bald bei hohem und bald bei niederem Blutdrucke fangen, und dabei sicher sein, dass die Aenderung des Blutdruckes, welche in der art. carotis gemessen war, sich auch in der vorderen Extremität geltend machte, weil die Gefässnerven derselben gelähmt waren. Die nachfolgenden Zahlen geben Nachricht von den gewonnenen Resultaten.

Halsmark und plexus brachialis durchschnitten.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10. Curare-Vergiftung	21	8,15	28	38,1	Durchweg Maschinen-Bewegung.
		4,75	27	—	
		4,63	182	—	Reizung des Rückenmarkes 11 Minuten hindurch.
		3,78	155	37,7	
		3,75	39	—	
		3,25	148	38,0	Reizung des Rückenmarkes 6 Minuten lang.
		3,89	36	37,8	
		3,28	130	37,8	Reizung des Rückenmarkes 7 Minuten hindurch.
		2,07	26	—	
		1,8	102	37,8	Reizung des Rückenmarkes 13 Minuten lang. Bei allen Reizungen des Rückenmarkes blutete ein in die rechte Pfote angebrachter Stich sehr stark.

Halsmark und plexus brachialis durchschnitten.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
11. Curare-Vergiftung	Grosses Thier	2,31	64	36,6	Durchweg Maschinen-Bewegung.
		1,38	60	36,3	
		1,38	208	36,1	Reizung des Rückenmarkes 20 Minuten lang.
		1,08	206	36,0	
		0,96	51	35,2	
					Der plexus brachialis wird durchschnitten.
		0,78	60	35,5	
		0,76	258	35,2	Reizung des Rückenmarkes 24 Minuten lang.
12. Curare	Grosses Thier	3,4	25	37,0	
		3,3	170	37,1	Reizung des Rückenmarkes 8 Minuten lang.
		1,8	35	37,2	
		1,6	104	—	Reizung des Rückenmarkes 10 Minuten lang.
		1,1	34	37,4	
		1,1	230	—	Reizung des Rückenmarkes 10 Minuten lang.
					Bei allen Reizungen des Rückenmarkes blutete ein in der rechten Pfote angebrachter Stich sehr stark.

Diese Resultate bestätigen diejenigen der vorhergehenden Versuchsreihe in einer so auffallenden Weise, dass es mir unmöglich erscheint, an der Einflusslosigkeit der gesteigerten Blutströmung auf die Absonderung der Lymphe innerhalb des vorliegenden Versuchsobjectes zu zweifeln. Obwohl der mittlere Werth des Blutdruckes während der Reizungsperiode um das vier- bis neunfache denjenigen überstieg, welcher ohne dieselbe vorhanden war, und obwohl die Reize wegen der dauerhaften Erregbarkeit des Markes viele Minuten lang (bis zu 24)

fortgesetzt werden konnten, so fand sich doch gar keine Aenderung in dem zu erwartenden Gange des Lymphabflusses ein. Denn keinmal ward durch die eingesetzte Reizung auch nur ein Stillstand in dem Absinken der Absonderungsgeschwindigkeit, geschweige denn eine Steigerung der letzteren herbeigeführt. Wenn man nun erwägt, dass der beschleunigte Strom die Blutflüssigkeit stärker gegen die Gefässwand presst und dass in Folge hiervon die letztere selbst nach ihrer Dicke ab, nach ihrer Fläche aber zunehmen muss, so wird man der Annahme nicht ausweichen können, dass die Porenlänge abnehmen, die Absonderungsfläche aber und der in der Richtung des Absonderungsstromes wirksame Druck zunehmen könne, ohne gleichzeitiges Anwachsen der Lymphbildung.

Bevor ich diese Thatsachen in das Licht aller anderen Erfahrungen stelle, die wir über die Lymphabsonderung besitzen, sei es mir gestattet, noch einige Beobachtungen mitzutheilen, damit man erkenne, wie leicht durch mancherlei Nebenumstände die Schärfe der Resultate zu trüben ist.

Die vier folgenden Versuche sind, wie die dazu gehörigen Bemerkungen lehren, an Thieren angestellt, die entweder gar nicht, oder mit Opium, oder nur unvollkommen mit Curare vergiftet waren. Im Versuch 7 und 8 war das Halsmark und der plexus brachialis durchschnitten, und ersteres mit Electroden versehen. In dem Versuch 9 wurde das Brustmark, in 19 der plexus brachialis im Verlaufe des Versuches durchschnitten.

No des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
7. Halsmark und plex. brachialis durchschnitten	Grosses Thier	0,64	47	37,4	Durchweg Maschinenbewegung.
		0,36	34	37,8	
		0,36	46	38,0	Schwächere und darauf
		0,43	102	38,3	stärkere Reizung des Rückenmarkes. An der rechten vorderen Extremität nur Zuckungen an den oberen Schulterblattmuskeln.
		0,26	37	39,0	
		0,41	101	39,5	Starke Reizung des Rückenmarkes.
8. Halsmark und plex. brachialis durchschnitten	Grosses Thier	0,65	40	35,3	Durchweg Maschinenbewegung.
		0,54	34	35,8	
		0,73	110	36,0	Reizung des Rückenmarkes. An der rechten vorderen Extremität, mit Ausnahme der oberen Schulterblattmuskeln, keine Zuckungen.
		0,50	120	36,3	
		0,40	25	36,6	
		0,61	180	37,0	Reizung des Rückenmarkes; Muskelcontractionen wie vorher.
9. Opium-Vergiftung	Grosses Thier	1,05	76	—	Durchweg Maschinenbewegung.
		0,65	78	—	Das Mark zwischen dem 2. und 3. Rückenwirbel durchschnitten.
		1,2	24	—	Schwacher Tetanus während der Maschinenbewegung.
		0,55	21	—	
		0,7	21	—	

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Geschwindigkeit des Lymphstromes. Zeiteinheit 10 Min.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
19. Curare-Vergiftung unvollkommen	14,65	2,0	—	39,1	Maschinenbewegung.
		0,45	—	—	Ruhe.
		1,25	119	39,0	Maschinenbewegung. Der plex. brachialis wird theilweise durchschnitten, wobei sehr schwache Muskelbewegungen und ein bedeutendes Ansteigen des Blutdruckes auftreten.
		1,6	239	38,9	Maschinenbewegung. Kleine Bewegungen an der Schulter und an anderen Körpertheilen.
		1,3	210	39,0	Ruhe, die schwachen Zuckungen dauern fort.
		2,27	217	—	Maschinenbewegung. Schwache Zuckungen.
		1,03	200		Ruhe. Die Zuckungen etwas stärker als vorher.
		3,23	210		Maschinenbewegung. Die Zuckungen stärker als vorher.

In den Beobachtungen 7 und 8 tritt mit dem Emporgehen des arteriellen Druckes eine Steigerung der Lymphabsonderung ein; trotzdem wird man in ihnen eine Bestätigung der früheren Ergebnisse erkennen müssen, da die Grösse des Zuwachses, welchen der Lymphausfluss erfahren, sich ausser allem Verhältnisse zu demjenigen des Druckes befindet. Die geringe Vermehrung des Lymphausflusses während der Rückenmarksreizung hängt unzweifelhaft von den Zuckungen in den Schultermuskeln ab, welche, wie schon früher hervorgehoben, eine Abtheilung des Gebietes umgreifen, aus welchem der truncus brachialis seinen Ursprung nimmt. Könnte nach dem, was wir über die Beziehung der Muskelbewegung zum Lymphstrom wissen, hieran noch ein Zweifel sein, so würde derselbe durch die Beobachtung 9 gehoben werden, in welcher nach Durchschneidung des Brustmarkes, also trotzdem dass der Blutdruck bedeutend abnahm, eine Steigerung im Lymphausflusse bemerklich wurde.

Auch hier trat in der zweiten Periode des Versuches eine Bewegung solcher Muskeln ein, welche im Gebiete des truncus brachialis gelegen sind. Somit zeigt sich durch Vergleichung der Versuche 7 und 8 mit dem neunten, dass sich die Absonderung vermehrt, wenn zu den passiven Bewegungen des Gliedes auch noch Zusammenziehungen seiner Muskeln hinzutreten, trotzdem dass der Blutdruck von 78 auf 24 Millimeter herabging. Gerade diese Beobachtungen waren es, welche mich veranlassten, zum Curare zu greifen, bei dessen Gebrauche sich nun die Resultate so unzweideutig, wie oben angegeben, aussprachen.

Jene Erfahrungen (5. 6. 10. 11. 12) stehen, wie es scheint, im offenbarsten Widerspruch mit den Anschauungen, die man bisher über die Abhängigkeit zwischen dem Blutdrucke und der Lymph-Absonderung gehegt hat. Man hielt sie bisher für eine durchaus unmittelbare, da man geradezu behauptete, die Ursache für die Bewegung der Flüssigkeit aus den Blutgefässen in die Gewebspalten sei in dem Unterschiede der Drücke begründet gewesen, die auf den beiden Flächen der Gefässwand wirksam waren. Hierbeit stützte man sich auf Folgendes: 1. In überlebenden, vom Körper getrennten Organen und Gliedmaassen kann man durch blose Erhöhungen des Druckes eines in ihren Gefässen strömenden Blutes oder Blutserums den Austritt einer eiweisshaltigen Flüssigkeit bewirken. Hierdurch wird also erwiesen, dass die Gefässwand Eiweisslösungen und zwar unter Drücken hindurchlässt, wie sie auch im normalen Blutstrome vorzukommen pflegen. Die Anwendbarkeit dieses Vorganges auf den lebenden Zustand erschien um so unbedenklicher, weil auch in der Lymphe, die aus Stämmen genommen ist, welche noch keine Drüse durchsetzt haben, wie z. B. aus denjenigen des Samenstranges, rothe Blutkörperchen enthalten sind. Wo nun aber Gebilde von einem Aggregatzustande, wie er den genannten Körperchen eigen ist, durch eine Wand hindurchschlüpfen können, da müssen unzweifelhaft Poren vorhanden sein, welche gross genug sind, um den Durchgang von Flüssigkeiten bei der Anwesenheit selbst mässiger Druckdifferenzen zu gestatten. Ausgehend von dem selbstverständlichen Satze, dass unter gleichen Bedingungen auch immer dieselben Erfolge eintreten müssen, gelangte man somit zu der Annahme, dass auch im lebenden Organismus bei einem auf den beiden Gefässflächen

vorhandenem Druckunterschiede der Uebergang von Blutflüssigkeit in die Gewebsspalten erfolgen müsse. — 2. Eine sachliche Bestätigung für diese Unterstellung fand man in den bekannten Versuchen von *Tomsa*[1]), welcher den Strom, der aus den Lymphgefässen des Samenstranges hervorging, jedesmal beschleunigt sah, wenn er bei unverändertem Zufluss des Blutes durch die Arterien das venöse Strombett im Bereiche des plexus pampiniformis verengte. — 3. Aber nicht blos dann, wenn man den Druck im Capillarensystem durch Hemmung des Abflusses erhöhte, sah man die Absonderung der Lymphe zunehmen, man glaubte dasselbe zu gewahren, wenn die Spannung der Wände durch eine Beschleunigung des Zuflusses anwuchs. Auf diese Weise deutete man die Erfahrung, dass während der Reizung der chorda tympani in das Bindegewebe der Speicheldrüse eine reichliche Lymphmenge ergossen wird, und dieses selbst dann noch, wenn vom Speichelgange aus die specifischen Absonderungswerkzeuge der Drüse vergiftet sind (*Gianuzzi*[2]). — 4. Endlich fand man eine Bestätigung der gegenwärtigen Anschauung in den Versuchen *Ranvier*'s[3], welcher bedeutende Oedeme der untern Gliedmaassen dadurch hervorzurufen wusste, dass er gleichzeitig ihre Gefässnerven durchschnitt, und den Durchmesser der vena cava verengte, so dass die Capillaren von den Arterien aus einen reichlichen Zufluss erhielten, ihr Blut aber nur unter erhöhtem Widerstande entleeren konnten. — 5. Zu allem diesem kommt endlich noch ein aus der anatomischen Anordnung der Lymphgefässe entnommener Wahrscheinlichkeitsgrund; vermöge der Lagerung ihrer Stämme, der zahlreichen Verbindungen zwischen diesen und den Wurzeln, und der Ausdehnbarkeit der Wand aller Lymphgefässe kann in ihrem Innern niemals ein Druck ähnlicher Ordnung, wie der arterielle, ja nicht einmal wie der in den stärkeren Venen, entstehen. Einrichtungen, wie diese, erleichtern den Eintritt eines Druckübergewichtes in den Blut- gegenüber dem in den Lymphcapillaren.

Danach erscheint es in der That kaum zweifelhaft, dass zu den Ursachen, welche den Austritt von Blutflüssigkeit durch die

1) Wiener Sitzungsberichte, 46. Bd. II. Absch. p. 185 ff.
2) Diese Berichte 1865 p. 77 ff.
3) Compt. rend. 1869 p. 1871.

unverletzten Gefässwände bedingen, der Druckunterschied gehören könne. Freilich ist damit nicht gesagt, und noch weniger bewiesen, dass er die einzige Bewegungsursache sei, und ferner, dass er überall und zu allen Zeiten Gleiches leisten müsse. Denn gäbe man selbst zu, dass die Bildung der Lymphe nichts Anderes, als ein Filtrationsvorgang sei, so würde man demselben Druckunterschiede für die Entstehung jener Flüssigkeit je nach dem Durchgängigkeitsgrade der Wand einen ungleichen Erfolg zuschreiben müssen. Dieser letzte Umstand, auf welchen die Filtrationshypothese bei ihrer Entstehung wenig Rücksicht nahm, weil man damals die Wand der Capillaren noch für ein homogenes Häutchen hielt, ist in der neuern Zeit sehr in den Vordergrund getreten. Denn wir wissen jetzt, dass die Capillarenwand ein Mosaik aus Endothelzellen ist, das an manchen Orten auf seiner äusseren Fläche von einer aus Zellen gebildeten Scheide umgeben wird. Diese Zellen sind aber nicht als gewöhnliche elastische Blättchen aufzufassen; denn die Kerne derselben ändern nach den Versuchen von *Stricker* und *Golubew* [1]) durch Inductionsschläge ihre Gestalt so bedeutend, dass hierdurch die Lichtung des Capillargefässes wesentlich beeinträchtigt wird. Und ausser dieser unmittelbar sichtbaren Bewegung müssen auch noch andere Umformungen der Zellenmasse möglich sein, weil ohne ihr Zuthun die Beobachtung *Cohnheim*'s [2]) unerklärlich bliebe, wonach durch die lebendige Gefässwand die weissen Blutzellen bald leicht und bald gar nicht hindurchzuschlüpfen vermögen.

An der Hand dieser Einsicht begreift es sich leicht, wesshalb die Versuche von *Tomsa* und *Ranvier* ein anderes Resultat, als die meinigen, geben mussten. Denn nach den Beobachtungen von *Cohnheim* übt eine Stauung des Blutes, die im Capillarensystem durch Behinderung des venösen Abflusses erzeugt wird, einen viel grösseren Einfluss auf die Durchlässigkeit der Gefässwände, als die Aenderungen der Spannung, welche durch den verschieden raschen Zufluss von der arteriellen Seite her hervorgerufen werden. Demgemäss sind die Versuche, bei welchen man dieselbe Ausdehnung der Gefäss-

1) *Stricker*, Wiener Sitzungsberichte, Bd. 52. — *Golubew*, Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 5. 1869.

2) Ueber die embolischen Prozesse. Berlin 1872.

wand bald durch einen langsamen, bald durch einen raschen Strom hervorruft, unter einander nicht mehr vergleichbar, weil ausser dem willkürlich veränderten Drucke in dem einen Falle noch eine Bedingung hinzutritt, die in dem anderen fehlt.

Von den früheren am lebenden Thiere angestellten Versuchen bliebe somit nur einer übrig, welcher mit meinen Beobachtungen vergleichbar wäre: die vermehrte Absonderung der Lymphe durch Reizung der chorda tympani. Wenn man aber fragt, worauf sich die Ueberzeugung gründe, dass in ihm der Druckunterschied die Absonderung vermehrt habe, so wird man hierfür keine andere Stütze finden, als das gleichzeitige Vorhandensein der rascheren Blutströmung und der vermehrten Absonderung. Diese Gleichzeitigkeit wirkt jedoch nur so lange bestechend, als man es für erwiesen ansieht, dass die Vermehrung der Absonderung eine nothwendige Folge des Druckzuwachses in der Gefässlichtung ist. Sowie diese Supposition erschüttert ist, wird man eben so berechtigt behaupten dürfen, es sei der gesteigerte Druck im Innern des Gefässes gleichgiltig, dagegen rufe die Reizung der chorda tympani irgend eine Bewegung, z. B. in der Gefässwand selbst, hervor, die der Lymphabsonderung zu Gute komme bez. sie veranlasse. In der That, jede dieser beiden Erklärungsarten ist gegenwärtig insofern gleichberechtigt, als keine zu widerlegen oder zu beweisen ist. Zukünftigen Versuchen bleibt es vorbehalten, den wahren Zusammenhang aufzudecken.

Anders als in der Speicheldrüse stellt sich die Sachlage an der vorderen Extremität. Hier darf es als gewiss gelten, dass innerhalb der Haut und der Muskeln zur Bildung der Lymphe mehr gehört, als ein rascher Strom des Blutes durch die in ihrer Lichtung unbeeinträchtigt gebliebenen Gefässe. Bei der Uebereinstimmung des Baues wird man es kaum für gewagt halten, wenn man behauptet, dass dasselbe nicht nur für die genannten Gebilde der vorderen Gliedmaassen, sondern für die Sceletmuskeln und die Haut überhaupt, d. h. also für den grössten Theil des Aortenbezirkes gelte.

Welches ist nun aber die Bedingung, von deren Erfüllung das Erscheinen der Lymphe abhängt? Allgemein genommen kann sie entweder in einer Bewegung bestehen, welche von der Gefässwand selbst ausgehend die flüssigen Bestandtheile des Blutes ergreift, oder aber in einer Aenderung des Widerstandes,

welcher sich einem schon mit dem Blutstrom gegebenen Antriebe entgegensetzt. — Obwohl meine Versuche, ihrer methodischen Anordnung gemäss, nicht im Stande sind, zwischen diesen beiden Möglichkeiten eine Entscheidung zu treffen, so weisen doch einige meiner Beobachtungen darauf hin, dass sich die Lymphbildung an die Bewegung von Muskeln knüpfe, welche im absondernden Gebiete gelegen sind. Zu den eben genannten gehören namentlich Versuch 19 (p. 122), die letzte Aufsammlung in Versuch 18 (p. 132) und die dreizehnte Aufsammlung in Versuch 2 (siehe Versuchsprotokolle). In allen diesen Fällen mehrte sich, als sehr schwache Zuckungen in der vorderen Extremität sichtbar wurden, der Ausfluss der Lymphe. Da nun aber bei vollkommener Curarevergiftung — Versuch 5 und 6 — ebenfalls die Lymphabsonderung rascher wurde, so ist hieraus entweder zu schliessen, dass in den Versuchen 2, 18, 19 sich zu den Muskelzuckungen noch irgend eine andere in der Gefässwand selbst beginnende Bewegung gesellt habe, oder dass, wenn dieses letztere nicht der Fall war, sowohl die Bewegung der Muskeln wie auch irgend welche andere, von der Gefässwand selbst ausgehende die Lymphabsonderung veranlassen könne. Auf die Rechnung dieser letztern müsste denn auch das Entstehn der Lymphe in allen muskelfreien Organen geschoben werden.

Nicht minder hypothetisch, wie die soeben aufgestellte Annahme von der Anwesenheit selbstständiger Bewegung in der Wand der Capillaren, ist die andere von der Veränderlichkeit eines Widerstandes in derselben. Wollte man dieser letztern Anschauung den Vorzug geben, so würde man jedenfalls einen Widerstand solcher Art ausschliessen müssen, wie er beim Durchgang von Flüssigkeiten durch Poren mit starren oder nur wenig beweglichen Wänden vorkommt; denn bei Anwesenheit eines solchen bliebe es unverständlich, weshalb eine Erhöhung des Blutdruckes den Lymphstrom nicht beschleunigte. Somit hätte man also auch in diesem Falle an eine tiefer gehende Aenderung in den Eigenschaften der Wand zu denken.

4. Von der Aenderung der Lymphabsonderung durch Erhöhung der Körperwärme. — Die Abkühlung, welche die Thiere zu erleiden pflegen, wenn sie stundenlang bei gewöhnlicher Temperatur auf dem Versuchstische verweilen, konnte möglicherweise zu den Ursachen zählen, aus welchen die Absonderung mit der dauernden Beobachtungszeit geringer und

geringer wurde. Dieses musste geprüft werden. Die Anordnungen, welche der hierzu nöthige Versuch zu empfangen hat, bestanden einfach darin, dass man die Thiere erst bei gewöhnlicher Temperatur abkühlen liess, während man Lymphe entzog, und sie dann, indem man mit der Lymphgewinnung fortfuhr, von aussen her erwärmte. Zu dem letzteren Ende diente der Kasten mit doppelten Wänden, welcher im Durchschnitt auf pag. 101 dargestellt ist. Auf die beschriebene Weise führte ich zuerst zwei Versuche aus, bei welchen das Halsmark vorgängig durchschnitten worden war.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Min.	Temperatur in ano.	Blutdruck der art. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
13.	5,12	2,1	37,0	65	Maschinenbewegung. Bisweilen Zuckungen in den hinteren Extremitäten.
		0,7	36,6	—	
		0,4	36,0	59	
					130 Minuten Ruhe, während welcher das Wasser im Kasten auf 45° gebracht wird. Durch Ausdrücken der Extremität konnten nur zwei Tropfen Lymphe erhalten werden.
		0,5	41,0	74	Maschinenbewegung. Zittern des Körpers und schwache Bewegungen der Glieder.
		0,3	42,0	72	
		0,1	43,0	—	
		0,04	44,5	28	
14.	7,25	0,75	37,0	27	Maschinenbewegung.
		0,53	36,0	—	
		0,40	35,2	27	
					85 Minuten Ruhe, worin das Wasser bis auf 44° erwärmt wird. Durch Ausdrücken der Extremität werden 0,7 Ccm. Lymphe erhalten.
		—	40,1	—	Maschinenbewegung.
		0,33	40,6	35	
		—	41,4	—	
		0,20	41,6	30	

Durch diese Versuche ward also dargethan, dass sich, unbeschadet des fortschreitenden Sinkens der Absonderungsgeschwindigkeit die Temperatur um mehrere Grade erhöhen könne. Da nun das Ansteigen der Körperwärme die während eines Versuches bemerkliche Abnahme der Ausflussmenge nicht in das Gegentheil umkehren, ja nicht einmal hemmen kann, so darf wohl mit Recht angenommen werden, dass auch die bei den früheren Beobachtungen aufgetretene Erniedrigung der Temperatur nicht die Ursache für das besondere Verhalten der Absonderungsgeschwindigkeit gewesen ist. Die vorstehenden Erwärmungsversuche sind jedoch dadurch interessant, dass die Thiere trotz der Trennung des Zusammenhangs zwischen Hirn und Rückenmark beim Aufsteigen ihrer Binnenwärme Bewegungen zeigten, welche den Charakter der Coordination trugen.

Obwohl nun für meinen nächsten Zweck keine weiteren Beobachtungen mit Erwärmung nöthig gewesen wären, so wünschte ich doch den Versuch noch reiner, d. h. mit Ausschluss aller selbständigen Muskelcontractionen, anzustellen. Zu dem Ende griff ich wieder zur Vergiftung mit Curare, unterliess aber, da das Rückenmark nicht gereizt werden sollte, die Durchschneidung desselben. Unerwarteter Weise kam ich hierdurch zu den folgenden Resultaten:

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Min.	Temperatur in ano.	Blutdruck der art. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
15. Curare	Mittlere Grösse	Ccm. 2,6	—	142	Maschinenbewegung.
		1,6	35,8	154	
		1,4	—	—	
					Ruhe. Das Wasser erwärmt, und ebenso die eingeblasene Luft.
		1,6	36,2	155	Maschinenbewegung.
		1,3	37,0	—	
		1,2	38,0	152	
					30 Minuten Ruhe. Es treten schwache Muskelzuckungen ein, welche durch Nachspritzen von ein wenig Curare aufgehoben werden.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Min.	Temperatur in ano.	Blutdruck der art. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
15. Curare	Mittlere Grösse	Ccm. 3,0	40,5	—	Maschinenbewegung.
		2,6	41,0	—	
		2,9	42,0	164	
					15 Minuten Ruhe.
		2,0	42,5	138	Maschinenbewegung.
					15 Minuten Ruhe.
		1,5	45,0	31	Maschinenbewegung.
					13 Minuten Ruhe.
		0,9	45,0	0	Während des Absterbens. Maschinenbewegung.
		1,7	44,5	0	
16. Curare	13,2	3,89	37,0	—	Maschinenbewegung.
		2,33	36,6	—	
		1,67	36,5	228	
					8 Minuten Ruhe.
		1,23	36,4	232	Maschinenbewegung.
					14 Minuten Ruhe; das Wasser wird erwärmt.
		1,00	37,2	200	Maschinenbewegung.
					17 Minuten Ruhe.
		1,15	39,0	230	Maschinenbewegung.
					19 Minuten Ruhe.
		1,0	40,9	210	Maschinenbewegung.
					18 Minuten Ruhe.
		0,85	42,1	240	Maschinenbewegung.
					13 Minuten Ruhe.
		0,71	43,2	70	Maschinenbewegung. Tod.

Trotzdem dass nun die Muskelbewegungen ausgeschlossen waren, verhielt sich mit der fortschreitenden Versuchszeit der Gang der Absonderung anders, als früher. Denn als im Versuch 15 die weitere Erniedrigung der Temperatur gehemmt ward, hörte auch das Absinken der Ausflussgeschwindigkeit auf, ja es stieg mit einem selbst geringen Anwachsen der Eigenwärme die Ausflussgeschwindigkeit über das in der vorhergehenden Periode vorhandene Maass; dann sank allerdings mit der noch weiter emporgehenden Temperatur zwar die Absonderungsgeschwindigkeit, aber doch nur in unbedeutendem Grade und als später eine neue Dosis Curare unter dauernder Zunahme der Binnenwärme eingespritzt wurde, erhob sich der Ausfluss auf eine vorher gar nicht vorhandene Höhe. In Versuch 16 wuchs zwar die Ausflussgeschwindigkeit nicht so beträchtlich wie in dem vorhergehenden, aber immerhin war auch hier der beschleunigende Einfluss der höheren Temperatur unverkennbar. Da sich nun die zu diesen Versuchen dienenden Thiere von den in den Nummern 13 und 14 verwendeten ebensowohl durch die Vergiftung mit Curare, als auch durch ihr unversehrt erhaltenes Rückenmark unterschieden, so mussten, um zu prüfen, welcher von beiden Unterschieden an dem abweichenden Verhalten Schuld sei, noch weitere Versuche angestellt werden. In diesen unterliess ich abermals die Durchschneidung des Halsmarkes, und vergiftete statt mit Curare, mit Opium. Zu einer Vergiftung schritt ich deshalb, weil ohne eine solche in den durch die Maschine bewegten Glieder sehr bald tetanische Bewegungen eintreten. Die Resultate der beiden Beobachtungen theile ich sogleich mit.

No. des Versuchs.	Körpergewicht in Kilo.	Mittlere Ausflussmenge in 10 Min.	Temperatur in ano.	Blutdruck in der art. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
		Ccm.			
17. Opium	4,75	1,1	39,0	95	Maschinenbewegung.
		0,9	38,5	107	
					50 Minuten Ruhe.
		0,8	36,2	122	Maschinenbewegung. Bisweilen Zittern des Thieres.
		0,4	37,0	—	
		0,4	37,4	130	
					37 Minuten Ruhe; das Wasser wird erwärmt.
		0,9	40,0	123	Maschinenbewegung. Kein Zittern, 300 Athemzüge in der Minute.
		0,7	41,0	127	
					10 Minuten Ruhe.
		0,9	42,0	—	Maschinenbewegung. Schwache Bewegungen zuweilen.
					10 Minuten Ruhe.
		0,8	42,8	127	Maschinenbewegung. 250 Athemzüge in der Minute.
18. Opium	4,6	0,46	36,5	119	Maschinenbewegung.
		0,34	36,4	120	
					50 Minuten Ruhe; das Wasser wird erwärmt.
		0,54	39,8	134	Maschinenbewegung.
		0,70	40,6	133	
		0,84	41,6	145	
		1,70	41,6	120	Zuweilen sehr schwache Bewegungen in den Gliedern.

Die Zahlen lehren, dass auch hier die Absonderung der Lymphe beim Ansteigen der Körpertemperatur wächst. Der Grund dieser Erscheinung kann also nicht in dem Curare gesucht werden, da sich dieselbe auch in den mit Opium vergifteten Thieren wiederfindet. Somit kann die Ursache, weshalb sich in den Versuchen 15 bis 18 die Lymphabsonderung anders als sonst verhielt, nur auf den unversehrten Zustand des Rückenmarkes geschoben werden. Ein Thier der letzteren Art unterscheidet sich nun von einem solchen, dessen Halsmark durchschnitten ist, theils dadurch, dass durch die Blutgefässe seiner Extremitäten noch ein lebhafter Blutstrom hindurchgeht, und theils dadurch, dass Erregungen, welche im Centrum der Gefässnerven entstehen, für die Extremität wirksam werden. Nun ist es bekannt, dass durch die höhere Temperatur in der That die automatischen Erreger der Gefässnerven zu einer erhöhten Thätigkeit veranlasst werden. Dass dieses auch in den letzteren der vorgeführten Versuche geschah, ergiebt sich aus der Steigerung des Blutdruckes, welche mit der Erwärmung wiederholt eintrat. Sollte aber die vom automatischen Centrum ausgehende Erregung die Absonderung der Lymphe zu beschleunigen vermögen, so müsste sie jedenfalls anders wirken, als die durch Inductionsströme bewirkte Reizung der Gefässnerven im Verlaufe des Rückenmarkes, da durch diese, wie Versuch 11 lehrt, keine Vermehrung der Absonderung bewirkt werden konnte. Weitere Variationen der Versuche werden diesen dunklen Punkt aufzuklären haben.

II. Von dem Procentgehalte des Lymphserums an festem Rückstande.

Um das Lymphserum von Faserstoff und aufgeschwemmten Körperchen zu befreien, wurde die Lymphe, welche während des Auffangens vor Verdunstung geschützt war, in verschlossenen Gefässen so lange centrifugirt, bis das klare Serum von dem Bodensatze abgegossen werden konnte. Eine abgewogene Menge des letzteren wurde mit bekannten Vorsichtsmassregeln eingetrocknet.

Die Bedeutung, welche diesen einfachen Bestimmungen beizulegen ist, ergiebt sich aus der bekannten Thatsache, dass eine Veränderung in dem Procentgehalte des Lymphserums an festen Bestandtheilen wesentlich durch die Zu- oder Abnahme des Albumins bedingt wird. Nun ist es aber gewiss von Be-

lang, über die Umstände, von denen der Eiweissgehalt der Lymphe abhängt, in's Klare zu kommen.

Aus den Bestimmungen des Rückstandprocentes, die ich an dem Serum von 81 verschiedenen Lymphproben vorgenommen, ergiebt sich, dass der Procentgehalt des Lympserums an festem Rückstand sowohl von einem Thier zum andern, als auch in den zu verschiedenen Zeiten von demselben Hunde aufgefangenen Proben bedeutend wechselt. Der Spielraum, in den die Veränderlichkeit des Rückstandes eingeschlossen war, wurde durch 2.61 und 6.55 pCt. begrenzt. —

Die Variation des Procentgehaltes ist jedoch keine regellose; denn es treten, wenn man sich auf die Vergleichung der verschiedenen Portionen beschränkt, die während je einer Periode passiver Bewegung demselben Thiere entnommen sind, deutlich zwei Gesetzmässigkeiten hervor. Um diese darzulegen, bediene ich mich abermals der tabellarischen Zusammenstellung. In dieser bezeichnet die erste Columne die Nummer des Versuches, die drei folgenden enthalten Zeitangaben und zwar giebt die zweite Columne die fortlaufende Zeit des Versuches in Minuten vom Beginne desselben, die dritte, wie viel jedesmal von der bis dahin verflossenen Zeit auf die Bewegung, und die vierte, wieviel auf die Ruhe des Gliedes kam. Die fünfte Columne enthält die Lymphmenge in Ccm., welche bis dahin, vom Beginn des Versuches gerechnet, ausgeflossen war, die sechste giebt die Absonderungsgeschwindigkeit (Zeiteinheit = 10 Min.), welche vorhanden war, als das Lymphserum die in der siebenten Columne verzeichneten Rückstandsprozente enthielt. In der letzten Columne folgen endlich Bemerkungen, die von dem Zustand des Thieres Nachricht geben.

In der Zusammenstellung, welche nach diesem Plane durchgeführt ist, ward den Versuchen, welche an curaresirten Thieren ausgeführt sind, ein besonderer Platz angewiesen. Ich lasse zunächst diejenigen Beobachtungen folgen, welche von Hunden gewonnen sind, denen keine Curarelösung eingespritzt war.

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	Zeit der Bewegung.	Zeit der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			Halsmark durchschnitten.
14.	15	15	0,0	1,0	0,75	1,46	Von 37,0 bis 35,2 °C.
	30	30	0,0	1,8	0,53		
	45	45	0,0	2,4	0,40		
	130	—	85	3,1	0,08	—	
	145	60	—	—	—	5,33	Von 35,2 bis 41,6 °C.
	160	75	—	3,6	0,33		
	175	90	—	—	—		
	190	105	—	3,9	0,20		
							Halsmark durchschnitten.
13.	10	10	0,0	2,1	1,6	2,61	Temperatur 36,5 °C.
	20	20	0,0	2,8			
	30	30	0,0	3,2			
	160	—	130	—	—	—	
	170	—	140	—	—	—	
	180	40	—	3,7	1,4	3,32	Temperatur zwischen 41 u. 44,5 °C.
	190	50	—	4,0			
	220	80	—	4,3			
	265	125	—	4,5			
5.	14	12	2	2,50	1,92	4,37	Curarevergiftung; im Verlauf des Versuchs der plexus brachialis durchschnitten.
	29	—	17	3,70	0,80		
	44	24	20	5,60	1,27	4,42	
	56	—	32	6,35	0,63		
	78	44	34	8,05	0,80	4,78	
	91	—	47	8,75	0,54		
	120	69	51	10,25	0,52	4,72	

Wenn man diese Tabelle durchsieht, so wird man bemerken, dass die Zahl des Procentgehaltes mit der wachsenden Versuchszeit in einer Zunahme begriffen ist.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte *Genersich*, als er die Lymphe aus der überlebenden Extremität sammelte, während ein künstlicher Blutstrom durch dieselbe geführt ward.

Aus dieser Uebereinstimmung mit einem dem Absterben entgegeneilenden Präparate wäre man vielleicht zu schliessen geneigt, bei meinen Versuchen auf eine Veränderung der vorderen Extremität zu schliessen, durch welche die Bedingungen der Lymphbildungen in die eines gewöhnlichen Transudationsprocesses umgewandelt sei. Abgesehen davon, dass hierfür in dem Versuche selbst kein Grund liegt, spricht dagegen aber eine zweite aus meinen Beobachtungen abzuleitende Regel.

2. Wenn in dem Verlaufe eines Versuches die anfänglich verlangsamte Absonderungsgeschwindigkeit der Lymphe wieder zunimmt, so sinkt damit der Procentgehalt ihres Serums sehr häufig wieder ab. Dabei ist es, vorausgesetzt dass keine Curarevergiftung bestand, gleichgültig, welcher Grund die Beschleunigung der Absonderung bedingte. Die Beziehung, welche zwischen dem Volum der in der Zeiteinheit abgeflossenen Lymphe und ihrem Procentgehalte an festen Bestandtheilen besteht, drückt sich aber auch hier deutlich aus. Denn wenn die Absonderungsgeschwindigkeit, welche durch die Einführung einer neuen Bedingung beschleunigt worden war, trotz des Fortbestehens der letzteren allmälig wieder geringer wird, so nimmt auch dem entsprechend das Rückstandsprocent wieder zu.

Als Beleg für die eben ausgesprochenen Sätze verweise ich auf die folgende Uebersicht. Die Bemerkungen, welche zu den Ueberschriften der vorhergehenden Tabellen gemacht wurden, finden auch hier ihre Anwendung.

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	der Bewegung.	der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
7.	14	10	4	0,90	0,50	5,87	Halsmark und plex. brachialis durchschnitten. Reizung des Markes.
	28	20	8	1,40			
	42	30	12	1,90	0,39	6,08	
	56	40	16	2,50			
	81	—	41	—	—	—	
	104	55	49	3,10	0,26	5,93	
	127	70	57	4,05	0,41	5,76	

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	Zeit der Bewegung.	Zeit der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
17.	10	10	0,0	1,10	1,00	5,33	Opium-Vergiftung. Von 39,0° C. bis 38,5° C.
	20	20	0,0	2,00			
	60	—	40	2,5			
	70	—	50	—			
	80	30	—	3,30	0,43	5,81	Von 38,5° bis 36,2° u. von 36,2° bis 37,1° C.
	90	40	—	3,70			
	100	50	—	4,10			
	137	—	87	—			
	147	60	—	5,00			
	157	70	—	5,70			
	167	—	97	5,90	0,75	5,19	Von 40,0° C. bis 42,8° C.
	177	80	—	6,80			
	187	—	107	7,00			
	197	90	—	7,80			
18.	13	10	3	0,60	0,40	4,19	Opium-Vergiftung. 36,5° C.
	26	20	6	1,05			
	76	—	56	—			
	89	30	59	1,75			
	99	—	69	—			
	112	40	72	2,65	0,54	4,05	Von 36,5° bis 41,6° C.
	122	—	82	—			
	135	50	85	3,75			
	160	—	110	5,95	0,88	3,80	41,6° C. Zuckungen.

No. des Versuchs.	Zeit: vom Beginn des Versuchs.	Zeit: der Bewegung.	Zeit: der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			Halsmark durchschnitten.
2.	12	10	2	3,5	2,91	2,80	Maschinenbewegung.
	27	22	5	6,0	1,66	3,16	
	45	36	9	7,8	1,00	3,46	
	53	43	10	11,1	4,12	3,43	Starke Bewegungen mit der Hand.
	61	50	11	13,4	2,87	3,17	
	70	58	12	15,4	2,22	3,31	
	93	78	15	17.1	0,73	3,63	Maschinenbewegung.
	125	109	16	18,7	0,50	3,92	
	141	122	19	20,7	1,25	3,87	Starke Bewegung mit der Hand.
	161	138	23	22,7	1,00	3,93	
	189	162	27	25,3	0,92	4,09	
	232	202	30	27,3	0,46	4,30	Maschinenbewegung.
	263	232	37	29,3	0,54	4,32	Reizung des Rückenmarkes ohne Maschinenbewegung.
	284	232	52	30,1	0,53	—	Curare.
	297	242	55	33,1	2,30	5,25	Maschinenbewegung.
	310	252	58	39,1	*4,61*	*5,94*	
	323	262	61	43,7	3,61	5,80	
	336	272	64	47,7	3,07	5,78	Maschinenbewegung.

3. Die Thiere, von deren Lymphe von jetzt ab die Rede sein wird, sind sämmtlich mit Curare vergiftet gewesen. In unserer Zusammenstellung mussten diese Beobachtungen von allen übrigen getrennt behandelt werden, weil mit dem Eintritt der genannten Giftwirkung die Rückstandsprocente augenblicklich anwachsen und dieses zwar oft zu einem Werthe, der an der obern Grenze desjenigen liegt, welchen die Lymphe überhaupt anzunehmen vermag.

Als ein schlagendes Beispiel für dieses Verhalten führe ich zunächst den folgenden Versuch vor, in welchem die Lymphe anfangs ohne Curarevergiftung aufgesammelt wurde.

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	Zeit der Bewegung.	Zeit der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
3.	14	10	4	0,6	0,43		*) Maschinenbewegung.
	20	—	10	0,7	0,16		Ruhe.
	34	20	14	1,05	0,25	3,37	Maschinenbewegung.
	44	—	24	1,45	0,14		Ruhe.
	55	30	25	1,40	0,18		Maschinenbewegung.
	63	—	33	1,55	0,19		Ruhe.
	77	40	37	2,30	0,54		**) Maschinenbewegung.
	85	—	45	2,50	0,25	5,52	Ruhe.
	99	50	49	3,60	0,79		Maschinenbewegung.
	105	—	55	3,90	0,50		Ruhe.
	119	60	59	5,35	1,04	6,33	Maschinenbewegung.
	125	—	65	5,60	0,41		Ruhe.
	139	70	69	6,60	0,71		Maschinenbewegung.
	147	—	77	6,80	0,37	6,47	Ruhe.
	161	80	81	7,50	0,50		Maschinenbewegung.
	241	—	161	7,70	—		Ruhe.
	255	90	165	8,30	0,43		Maschinenbewegung.
	263	—	173	8,40	0,12		Ruhe.
	277	100	177	8,90	0,36	6,55	Maschinenbewegung.
	302	—	202	—	—		Ruhe.
	316	110	206	9,30	0,29		Maschinenbewegung.

*) Halsmark und plexus brachialis durchschnitten. **) Curare.

Mit dem Eintritt der Vergiftung springt in diesem Versuche der Gehalt an festen Bestandtheilen um 1,2 Proc. empor. Wenn dieses auf Veranlassung des Curare geschehen ist, so lässt sich erwarten, dass alle mit diesem Gifte narkotisirten Thiere von vornherein eine conzentrirte Lymphe absondern werden. In der That ist dieses der Fall in sämmtlichen mir zu Gebote stehenden Versuchsreihen, bei welchen gleich anfangs, also vor Beginn des Sammlens, die Vergiftung mit Curare herbeigeführt war. In diesen sieben Fällen schwankt der Procentgehalt der ersten Lymphportion zwischen 4,4 und 6,5 Proc., d. h. er hat schon

im Beginn des Versuchs den Werth, welchen er am unvergifteten*) Thiere erst gegen Ende desselben erreicht.

Unter diesen Umständen erscheint es selbstverständlich, dass sich die Aenderung des procentischen Rückstandes nicht mehr so deutlich aussprechen kann, wie sie sich an meinen übrigen Thieren als Function der Versuchsdauer und der Absonderungsgeschwindigkeit ausprägte.

Wenn der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen bei nicht vergifteten Thieren während der ganzen Aufsammlungszeit immer derselbe bliebe, so wäre anzunehmen, dass bei den mit Curare vergifteten Thieren der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen, sobald die Wirkung des Giftes aufhört, zum ursprünglichen normalen Werth zurückstreben werde; aber da der Gehalt der Lymphe an festen Bestandtheilen während der Dauer der Lymphaufsammlung (unter dem Einflusse der Maschinenbewegung) fortwährend zunimmt, so ist einleuchtend, dass letzter Umstand bei dem Aufhören der Curarevergiftung dem Zurückgehen des Gehaltes an festen Stoffen zum ursprünglichen (normalen) Werthe entgegenwirkt. Auf der anderen Seite kann eine beständige Zunahme der festen Bestandtheile mit der Dauer der Lymphabsonderung bei den Versuchen mit curaresirten Thieren nicht deutlich beobachtet werden, weil hier schon im Anfange der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen so hoch ist, dass derselbe dem möglichen Maximum ganz nahe steht. Da bei allen Thieren, die im Anfang des Versuchs curaresirt waren, die Lymphe fortwährend unter Beihilfe der Maschinenbewegung abgesondert wurde, so kann sich auch der Nachlass der Curarevergiftung nicht durch eine grössere Veränderung im Procentgehalt ausdrücken, weil jetzt dem zu erwartenden Absinken desselben die Zunahme entgegenwirkt, welche der langen Dauer der Lymphabsonderung zu folgen pflegt. Dieses ist aus den vier nachstehenden Versuchen zu ersehen.

---

*) Ich betone das Wort unvergiftet, weil auch in den beiden Beobachtungen mit Opiumnarkose (17 und 18) der Procentgehalt der Lymphe an festen Bestandtheilen ein grosser ist. Ob dieses Gift ähnlich wie das Curare wirkt, muss ich aus Mangel einer ausgedehnteren Erfahrung unentschieden lassen.

No. des Versuchs.	Zeit: vom Beginn des Versuchs.	Zeit: der Bewegung.	Zeit: der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
6.	12	10	2	3,70	3,08	4,77	Curare-Vergiftung. Im Verlaufe des Versuchs der plex. brachialis durchschnitten.
	24	20	4	7,40	3,08	4,86	
	33	—	13	8,60	1,33	—	
	46	31	15	11,90	2,53	4,92	
	56	—	25	13,20	1,30	—	
	74	46	28	16,20	1,66	4,78	
	86	—	40	17,60	1,16	—	
	105	63	42	99,90	1,21	4,93	
10.	7	5	2	5,7	8,15	6,54	Curare-Vergiftung. Halsmark u. plex. brachialis durchschnitten.
	15	10	5	9,2	4,75	6,54	
	23	15	8	13,2	4,63	6,48	
	32	21	11	16,6	3,78	6,30	
	40	27	13	19,6	3,75	6,24	
	48	33	15	22,2	3,25	6,25	
	53	—	20	—	—	—	
	62	40	22	25,7	3,89	6,34	
	67	—	27	—	—	—	
	76	47	29	28,65	3,28	6,42	
	81	—	34	—	—	—	
	95	59	36	31,55	2,07	6,33	
	100	—	41	—	—	—	
	115	72	43	34,25	1,80	6,19	
	120	—	48	—	—	—	
11.	13	10	3	3,00	2,31	4,11	Curare-Vergiftung. Halsmark u. plex. brachialis durchschnitten.
	26	20	6	4,80	1,38	5,11	
	39	30	9	6,60	1,38	5,22	
	52	40	12	8,00	1,08	5,08	
	65	50	15	9,25	0,96	5,28	
	95	—	45	—	—	—	
	124	75	49	11,50	0,78	5,15	
	151	99	52	13,55	0,76	5,20	

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	der Bewegung.	der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
12.	12	8	4	4,20	3,50	5,79	Curare-Vergiftung. Halsmark u. plex. brachialis durchschnitten.
	24	16	8	8,20	3,33	5,85	
	39	—	23	—	—	—	
	53	26	27	10,70	1,79	5,67	
	67	36	31	12,90	1,57	5,64	
	81	—	45	—	—	—	
	95	46	49	14,40	1,07	5,57	
	109	56	53	15,95	1,11	5,49	

Der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen in den vorstehenden Versuchen zeigt einige Schwankungen, aber in denselben ist eine gewisse Regelmässigkeit wahrzunehmen; so ist im Versuche 6, bei welchem zu Anfang der Lymphaufsammlung der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen nicht besonders hoch war (4,77 Proc.), während der ganzen Dauer des Versuchs bei fortwährender Abnahme der Ausflussgeschwindigkeit (mit Ausnahme einer Messung) eine allmälige Zunahme des Gehaltes an festen Bestandtheilen beobachtet worden. Im Versuche 11, bei welchem anfangs der Gehalt an festen Stoffen noch geringer (4,11 Proc.) war, als beim Versuche 6, nahm der Gehalt an festen Stoffen während der ersten Zeit des Versuchs (um mehr als 1 Proc.) zu und blieb dann schwankend (5,08—5,28 Proc). Im Versuche 10, bei welchem der Gehalt an festen Stoffen schon am Anfange (ohne Zweifel in Folge der Curaresirung) sehr hoch war (6,54 Proc.), ist während der ersten Zeit des Versuchs, ungeachtet der Abnahme der Ausflussgeschwindigkeit, eine allmälige Abnahme im Gehalte an festen Bestandtheilen zu bemerken, schliesslich schwankte derselbe von 6,42—6,19 Proc. Im Versuche 12, wo anfangs der Gehalt an festen Stoffen ebenfalls sehr hoch war (5,79 Proc.), zeigt sich gleichfalls mit der Dauer des Versuchs eine kleine Abnahme der festen Bestandtheile.

Wenn bei den curaresirten Thieren in Folge irgend einer Ursache die Ausflussgeschwindigkeit der Lymphe zunimmt, so treten hier ganz dieselben Verhältnisse in Bezug auf den Gehalt der Lymphe an festen Stoffen ein, wie bei den nicht curaresirten Thieren, aber nicht mit ganz derselben Regelmässigkeit.

In dem folgenden Versuche wurde die Lymphabsonderung in Folge eingetretener Zuckungen, welche bei der Abnahme der Curarewirkung sich einstellten, vermehrt.

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	Zeit der Bewegung.	Zeit der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
19.							Curare-Vergiftung. Plex. brachialis im Verlaufe des Versuchs durchschnitten.
	11	10	1	2,2			
	22	—	12	2,7	1,50	5,06	39,0 °C.
	38	24	14	4,7			
	56	—	32	5,28	—	—	
	71	38	33	7,68			
	81	—	43	8,98	1,94	4,22	39,0 °C. Zuckungen.
	93	49	44	11,48			
	158	—	100	12,51	—	—	
	175	64	111	18,01	3,24	4,23	Zuckungen.

In den beiden folgenden Versuchen war die Steigerung der Lymphabsonderung durch Erwärmung der Thiere hervorgerufen.

No. des Versuchs.	Zeit vom Beginn des Versuchs.	der Bewegung.	der Ruhe.	Ausgeflossene Lymphe seit Beginn.	Mittlere Geschwindigkeit des Ausflusses.	Procentgehalt der Lymphe an festen Stoffen.	Bemerkungen.
	Min.	Min.	Min.	Ccm.			
15.	10	10	00	2,60			Curare-Vergiftung.
	20	20	00	4,20	2,02	5,29	35,8° C.
	30	30	00	5,60			
	40	40	00	7,20			
	50	50	00	8,50			
	60	60	00	9,70			
	90	—	30	—	2,20	5,46	Von 35,8 bis 41,7° C.
	100	70	—	12,70			
	110	80	—	15,30			
	120	90	—	18,20			
	135	—	45	—	2,35	4,75	Von 41,0 bis 43,5° C.
	145	100	—	20,20			
	160	—	60	—	1,5	4,36	Von 43,5 bis 45° C.
	170	110	—	21,70			
	183	—	73	—			
	193	120	—	22,60	0,53	5,26	Von 45,0 bis 44,5° C.
	243	170	—	24,30			
16.	30	0,0	30	—	—	—	Curare-Vergiftung.
	39	7	32	3,50	3,89	4,35	
	52	18	34	6,30	2,33	4,31	37,0° C.
	64	28	36	8,30	1,67	4,30	36,6° C.
	72	—	44	—	—	—	36,5° C.
	85	38	47	9,90	1,23	*4,02*	
	99	—	61	—	—	—	36,4° C.
	116	53	63	11,60	1,00	4,39	
	133	—	80	—	—	—	37,2° C.
	146	64	82	13,10	1,15	4,35	Erwärmt.
	165	—	101	—	—	—	39,0° C.
	184	80	104	15,00	1,00	4,91	
	202	—	122	—	—	—	40,9° C.
	219	94	125	16,45	*0,85*	*3,80*	
	232	—	138	—	—	—	42,1° C.
	244	104	140	17,30	0,71	4,23	
	249	—	145	—	—	—	43,2° C.

Die Zunahme der Ausflussgeschwindigkeit der Lymphe ist im Versuche 15 deutlicher als im Versuche 16, wo durch die Erwärmung nur ein Abnehmen ersterer verhindert wurde. Im Versuche 15 nahm während der Erwärmung des Thieres der Gehalt der Lymphe an festen Stoffen ab, erreichte aber seine Minimalgränze bei der Temperatur von 43,5—45,0° C., als die Geschwindigkeit der Lymphabsonderung schon abzunehmen begann. Im Versuche 16 bemerkt man Etwas Aehnliches; während des ganzen Versuchs sind nur einige kleine Schwankungen im Gehalte der Lymphe an festen Bestandtheilen eingetreten, aber die Minimalgränze liegt hier bei der Erwärmung des Thieres auf 42,1° C., als ebenfalls die Geschwindigkeit der Lymphabsonderung schon merklich abzunehmen begann.

Sollte sich auch in spätern Versuchen dieselbe Erscheinung wiederfinden, so würde hiermit eine spezifische Wirkung der höhern Temperatur auf die Zusammensetzung des Lymphserums dargethan sein, welches von Thieren mit unversehrtem Rückenmark abgesondert wird.

Wenn man am Schlusse dieser die Zusammensetzung der flüssigen Lymphbestandtheile betreffenden Bemerkungen bedenkt, dass die Proben, aus welchen die vorstehenden Regeln abgeleitet sind, nicht aus methodisch angelegten Versuchen, sondern nur aus solchen entnommen sind, welche ein statistisch verwerthbares Material sammlen wollten, so wird man kaum daran zweifeln können, dass hier ein gesetzmässiges Verhalten aufgedeckt ist. — Auch wird man daran keinen Anstoss nehmen, dass die Verhältnisszahlen zwischen der Abflussgeschwindigkeit und der Beobachtungsdauer einerseits und der Aenderung des Procentgehaltes andererseits sich nicht regelmässiger, beziehungsweise einfacher gestalten. Denn abgesehn davon, dass wir es hier gewiss mit verwickelten Abhängigkeitsverhältnissen zu thun haben, ist noch besonders zu beachten, dass öfter, wie z. B. in 15 und 16, die Ruhelymphe mit der Bewegungslymphe vermischt eingedampft wurde, wodurch sicherlich ein Theil der wahren Sachlage verdeckt ist, da beide unter durchaus verschiedenen Umständen abgesondert wurden. Diese Vermischung ist aber nicht überall vorgenommen, weshalb sie mit den vorhergehenden, zum Theil wenigstens, ihre Vergleichbarkeit einbüssen.

Zukünftigen Untersuchungen muss es überlassen bleiben,

zu erörtern, durch welchen Mechanismus der Eiweissgehalt der Lymphe von der Curarevergiftung, der Dauer und der Geschwindigkeit der Absonderung abhängt. — Nur auf einen Punkt, der mit dieser Frage möglicherweise in Verbindung stehen könnte, bin ich aufmerksam gewesen. Die Lymphe ist bald mehr und bald weniger mit Blutkörperchen beladen; da aber diese letzteren die Blutgefässe nur durch Poren verlassen können, welche jedenfalls dem ganzen Blutserum den Durchgang gestatten, so wäre zu vermuthen, dass mit der Röthung der Lymphe auch der Eiweissgehalt ihres Serums im Wachsen begriffen sei. Dieses habe ich jedoch nicht bestätigt gefunden, und namentlich nicht in den ersten Perioden der Curarewirkung, in welchen der Gehalt an festen Stoffen bedeutend zunahm, obwohl die Lymphe heller als gewöhnlich gefärbt war.

Die Thatsachen, welche hier über die veränderliche Zusammensetzung des Lymphserums niedergelegt sind, beleuchten nun auch noch diejenigen, welche in den früheren Abschnitten dieser Abhandlung erwähnt wurden. So war auf p. 112 die Frage erhoben worden, ob die durch die passiven Bewegungen der Glieder hervorgeholte Lymphe aus einem vorhandenen Vorrath entnommen, oder während des Versuches selbst gebildet worden sei. Dort wurde auch darauf hingewiesen, dass u. A. auch die veränderliche Zusammensetzung der gewonnenen Flüssigkeit für eine Neubildung derselben spreche.

Dieses dürfte wohl jetzt für unzweifelhaft gelten, denn zu welchen künstlichen Vorstellungen über die Vertheilung eines sich allmälig entleerenden Vorrathes müsste man greifen, wenn man erklären wollte, warum bei gleichbleibendem Takte der Bewegung sich plötzlich die Zusammensetzung des Serums änderte, je nachdem dieses mehr oder weniger reichlich abflösse.

Aber auch für unsere Vorstellungen über die Entstehungsweise der Lymphe werden die Erfahrungen über die veränderliche Zusammensetzung derselben bedeutungsvoll. Denn sie zeigen, wie ungenügend es ist, die Volumina der Flüssigkeit allein in das Auge zu fassen, welche aus den absondernden Orten hervorgehn, und wie wenig tief man in den Prozess eindringt, wenn man nur die allgemeinen Kategorien einer Triebkraft und eines Widerstandes in Betracht zieht. Denn wie könnte man mit diesen die auffallende Thatsache erklären, dass zwei Umstände, die gleicherweise das ausfliessende Volum ver-

mehren, auf die Eiweissmengen des Serums in geradezu entgegengesetzter Weise wirken, wie dieses mit dem Curare im Gegensatz zu den activen Bewegungen der Glieder und der Erwärmung des sonst unversehrten Thieres der Fall ist.

Die vorstehende Arbeit wurde im physiologischen Institute zu Leipzig auf Anregung und unter Anleitung des Herrn Prof. *C. Ludwig* ausgeführt.

Versuchsprotokolle.

I. Körpergewicht 45 Kilo. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel und die n. vagi durchschnitten. Die zuerst aufgefangenen 1,3 Ccm. Lymphe entfernt.

Dauer des Lymph-auffangens. Min.	Volum der erhaltenen Lymphe. Ccm.	Blutdruck in der art. carotis. mm Hg.	Bemerkungen.
20	1,7	71	Maschinenbewegung } Zittern der Halsmuskeln.
20	0,8	62	» » } Zittern der Halsmuskeln.
20	0,5	—	» » } Zittern der Halsmuskeln.
90	0,0	—	Ruhe.
20	0,4	67	Maschinenbewegung.
30	2,2	56	Stärkere Bewegung mit der Hand.
30	1,8	50 bis 38	» » » » » ; im Beginn des Zeitraumes werden 400 Ccm. Blut abgelassen.
30	1,3	26 bis 11	Bewegung mit der Hand; zu Anfang der Zeit noch 350 Ccm. Blut abgelassen.

Mit der Dauer des Versuchs färbt sich die Lymphe steigend röther.

II. Körpergewicht 31,08 Kilo. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel und die n. vagi durchschnitten, Drahtelectroden in dem Wirbelcanal. Die zuerst ausgeflossene Lymphe (4,5 Ccm. mit 2,52 Proc. Rückstand) wurde entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Blutdruck in mm Hg.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+2	3,5	60	3,021	0,085	38,7	Maschinenbewegung. Schwache, allmälig zunehmende Röthung der Lymphe.
12+3	2,5	62	2,165	0,068	—	
14+4	1,8	65	1,867	0,065	38,5	
7+1	3,3	65	3,148	0,098	38,4	Bewegung mit der Hand. Stärkere Färbung der Lymphe.
7+1	2,3	68	2,289	0,072	—	
8+1	2,0	74	1,935	0,064	38,1	
20+3	1,7	67	1,315	0,048	—	Maschinenbewegung. Starke Färbung.
31+1	1,6	71	1,306	0,051	37,7	
13+3	2,0	64	1,858	0,072	—	Bewegung mit der Hand. Starke Färbung.
16+4	2,0	62	1,935	0,076	37,0	
24+4	2,6	58	2,358	0,096	—	
40+3	2,0	62	1,656	0,071	36,5	Maschinenbew., Färbung der Lymphe noch stärker.
30+7	2,0	70	1,675	0,072	36,3	Reizung des Rückenmarks, sehr schwacher Tetanus in allen Muskeln. Keine passive Bewegung.
15	0,8	—	—	—	—	Ruhe. Ausdrücken der Lymphe. Curarevergiftung.
10+3	3,0	54	2,686	0,141	—	Maschinenbew. und schwache Reizung des Rückenmarkes, die Färbung bedeutend lichter.
10+3	6,0	60	4,794	0,283	36,1	
10+3	4,7	62	3,800	0,221	—	
10+3	4	100	3,308	0,191	35,9	Maschinenbew., stärkere Reizung. Bedeutend lichte Färbung.

In der 1. Columne zeigt die 1. Zahl die Zeit der Maschinenbewegung und die 2. Zahl, durch + mit der 1. verbunden, die Zeit des Ausstreichens der Lymphgefässe, wobei keine Maschinenbewegung stattfand. Dieses gilt auch für die folgenden Beobachtungen.

III. Körpergewicht 12 Kilo. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel, der plex. brachialis und beide n. vagi durchschnitten. Die zuerst ausgeflossene Lymphe (1 Ccm.) wird entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+4	0,6	—	—	54	37,7	Maschinenbewegung.
6	0,1	—	—	—	—	Ruhe und Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,35	1,640	0,061	56	—	Maschinenbewegung.
7	0,1	—	—	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,25	—	—	59	37,2	Maschinenbewegung.
8	0,15	—	—	—	—	Ruhe, Curarevergiftung, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,75	—	—	50	37,0	Maschinenbewegung.
8	0,2	1,80	0,099	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	1,1	—	—	41	—	Maschinenbewegung.
6	0,3	—	—	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	1,45	1,506	0,095	39	36,7	Maschinenbewegung.
6	0,25	—	—	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	1,0	—	—	43	—	Maschinenbewegung.
8	0,2	1,80	0,117	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,7	—	—	40	36,5	Maschinenbewegung.
80	0,2	—	—	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,6	—	—	39	35,5	Maschinenbewegung.
8	0,1	1,129	0,073	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,5			40	—	Maschinenbewegung.
25	?	—	—	—	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	0,4	—	—	46	—	Maschinenbewegung.

Nach der Curarevergiftung ist die Lymphe sehr wenig gefärbt, sie gerinnt langsam; nach Entfernung des Gerinnsels entsteht nach einiger Zeit ein neues; dieses wiederholt sich mehrmals.

IV. Körpergewicht 14 Kilo. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel, der rechte plex. brachialis und beide n. vagi durchschnitten. Die zuerst ausgeflossene Lymphe (0,5 Ccm.) entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
14+3	0,5			90	40,0	Maschinenbewegung.
14+3	0,25			92	—	
						Curarevergiftung.
13+2	0,5			75	40,1	Maschinenbewegung. Die Lymphe farblos, sie gerinnt langsam.
13+2	0,6			71	—	
13+2	0,85			66	—	
13+2	0,65			61	40,3	
13+2	0,45			59	—	
13+2	0,35			60	—	
13+2	0,2			65	40,6	

V. Körpergewicht 12,33 Kilo. Curarevergiftung. Unter den isolirten rechten plex. brachialis wird ein Faden gelegt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe (8,0 Ccm.) wird entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
12+2	2,5	1,954	0,085	130	39	Maschinenbewegung.
15	1,2			110		Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
12+3	1,9	1,313	0,058	125	38,9	Maschinenbewegung.
12	0,75				38,8	Der plex. brachialis wird durchschnitten, dabei steigt der Blutdruck auf 295 mm. Die rechte Pfote wird wärmer, die Blutung aus einem Stich in dieselbe stärker.
20+2	1,7	1,123	0,053	170	39,1	Maschinenbewegung.
13	0,7					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
25+4	1,5	1,092	0,052	150	39,5	Maschinenbewegung.
21	0,6					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.

VI. Körpergewicht 18,65 Kilo. Curarevergiftung. n. vagi durchschnitten, rechter plex. brachialis isolirt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe (7 Ccm.) wird entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+2	3,7	3,207	0,153	130	38,6	Eine halbe Stunde nach dem Einspritzen des Curare. Maschinenbewegung.
10+2	3,7	2,803	0,136	129	38,4	(Eine halbe Stunde nach dem Einspritzen des Curare. Maschinenbewegung.)
9	1,2					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
11+2	3,3	2,644	0,130	126	—	Maschinenbewegung.
10	1,3				38,4	Der plex. brachialis wird durchschnitten, während dessen nimmt der Blutdruck vorübergehend stark zu. Die rechte Pfote wird wärmer. Die Lymphe ausgedrückt.
15+3	3,0	2,066	0,099	164	—	Maschinenbewegung.
12	1,4					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
17+2	2,3	1,547	0,076	168	38,5	Alle Portionen Lymphe sind farblos.

VII. Grosses Thier. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel, der rechte plex. brachialis und n. vagi durchschnitten. Neben dem Dornfortsatz des 3. Halswirbels zwei eiserne Stifte in den Canal als Electroden gesteckt. Das Thier wird in den auf 38 °C. erwärmten Kasten gelegt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe mit 5,33 Proc. Rückstand entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+4	0,9	1,262	0,074	47	37,4	Maschinenbewegung, ohne Reizung des Rückenmarkes.
10+4	0,5			34	37,8	
10+4	0,5	0,925	0,056	46	38,0	Maschinenbew. mit zuerst schwacher und dann stärkerer Reizung des Rückenmarkes. Contractionen aller Muskeln, die der rechten vorderen Extremität ausgenommen. Die rechten Schultermuskeln geriethen jedoch in Zuckungen.
10+4	0,6			102	38,3	
25					38,7	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Keine Reizung.
15+8	0,6	0,447	0,027	37	39,0	Maschinenbewegung, ohne Reizung.
15+8	0,95	0,632	0,036	101	39,5	Maschinenbewegung, mit Reizung des Rückenmarkes. Muskelzuckungen wie bei der vorhergehenden Reizung. Die Lymphe bei Reizung des Rückenmarkes ist röther als die ohne dieselbe.

VIII. Grosses Thier. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel, der rechte plex. brachialis und beide n. vagi durchschnitten. In den Wirbelcanal zwei isolirte Drahtelectroden gesteckt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe mit 4,04 Proc. Rückstand wird entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+3	0,85			40	35,3	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
10+3	0,70			34	35,8	
10+3	0,95			110	36,0	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes. Contraction aller Muskeln, die der rechten vorderen Extremität ausgenommen. Die rechten Schultermuskeln geriethen jedoch in Zuckungen.
10+3	0,65			120	36,3	
10+3	0,5			25	36,6	Maschinenbewegung ohne Reizung des Ruckenmarkes.
10+3	0,8			180	37,0	Maschinenbew. mit starker Reizung des Rückenmarkes. Muskelcontractionen wie vorher.

Aus der Periode ohne Reizung des Rückenmarks wurden 1,453 Gr. Lymphe zur Analyse verwendet: sie gaben 0,065 festen Rückstand. Aus der Periode mit Reizung des Rückenmarkes wurden 2,092 Gr. Lymphe zur Analyse verwendet; sie gaben 0,098 festen Rückstand. Die Reizungslymphe ist röther gefärbt.

IX. Grosses Thier mit Opiumvergiftung. Die zuerst ausgeflossene Lymphe entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
20	2,1			76		Maschinenbewegung.
20	1,3			78		
45						Das Mark zwischen dem 2. und 3. Rückenwirbel durchschnitten. Die Lymphe ausgedrückt.
20	2,4			24		Maschinenbewegung. Sie ruft schwache tetanische Contractionen in der vorderen Extremität hervor, welche der passiven Bewegung einen schwachen Widerstand entgegensetzen.
20	1,1			21		
20	1,4			21		

X. Körpergewicht 21 Kilo. Curarevergiftung. Das Mark innerhalb des 2. Halswirbels, der rechte plex. brachialis und n. vagi durchschnitten. In den Wirbelcanal zwei isolirte Drahtelectroden gesteckt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe mit 6,53 Proc. festem Rückstand entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
5+2	5,7	4,255	0,318	28	38,1	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
5+3	3,8	3,215	0,210	27	—	
5+3	3,7	3,453	0,224	182	—	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
6+3	3,4	3,033	0,191	155	37,7	
6+2	3,0	2,821	0,176	39	—	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
6+2	2,6	2,861	0,179	148	38,0	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
5 7+2	3,5	3,756	0,238	36	37,8	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
5 7+2	2,95	3,029	0,195	130	37,8	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
5 12+2	2,9	3,337	0,211	26	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
5 13+2	2,7	3,115	0,193	102	37,8	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes. Aus einem Stich in die Pfote starke Blutungen.

XI. Grosses Thier. Curarevergiftung. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel und n. vagi durchschnitten, plex. brachialis dexter isolirt und ein Faden unter ihn gelegt. In den Rückenmarkscanal Drahtelectroden eingesteckt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe mit 4,25 Proc. Rückstand entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+3	3,0	2,628	0,108	64	36,6	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes. Lymphe fast farblos.
10+3	1,8	1,477	0,076	60	36,3	
10+3	1,8	1,571	0,082	208	36,1	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
10+3	1,4	1,142	0,058	206	36,0	
10+3	1,25	1,161	0,061	51	35,2	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
30						Ruhe. Durchschneidung des plex. brachialis. Von den beiden obersten Wurzeln sind einige Fäden dem Schnitt entgangen. Ausdrücken der Lymphe.
25+4	2,25	1,934	0,100	60	35,5	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
24+3	2,05	1,763	0,092	258	35,2	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes. Die beiden letzten Portionen der Lymphe gelblich gefärbt.

XII. Grosses Thier. Curarevergiftung. Das Mark zwischen dem 2. und 3. Halswirbel, plex. brach. dexter und n. vagi durchschnitten. Drahtelectroden in dem Wirbelcanal. Bei Reizung des Rückenmarkes starke Blutung aus dem Stich in die Plote. Im Kasten das Wasser auf 38 °C. erwärmt. Die zuerst aufgefangene Lymphe mit 4,80 Proc. festen Bestandtheilen entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
8+4	4,2	3,390	0,196	25	37,0	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
8+4	4,0	3,437	0,201	170	37,1	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
15						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	2,5	2,094	0,120	35	37,2	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
10+4	2,5	1,601	0,90	204	—	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.
14						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+4	1,5	1,082	0,060	34	37,4	Maschinenbewegung ohne Reizung des Rückenmarkes.
10+4	1,55	1,053	0,058	230	—	Maschinenbewegung mit Reizung des Rückenmarkes.

XIII. Körpergewicht 5,12 Kilo. Mark über dem 1. Halswirbel durchschnitten.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10	2,1			65	37	Maschinenbewegung. Bisweilen Zuckungen in den hintern Extremitäten.
10	0,7	2,713	0,071	—	36,6	
10	0,4			59	36,0	
130						Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 45° C. erwärmt. Ausdrücken der Lymphe.
10						Ruhe. Die Lymphe nicht ausgedrückt.
10	0,5			74	41,0	Maschinenbewegung. Zuweilen Zittern des Körpers, zuweilen geordnete Bewegungen der Gliedmaassen. Die Lymphe des erwärmten Thieres röther gefärbt als die frühere.
10	0,3			72	42,0	
30	0,3	0,929	0,033	—	43,0	
45	0,2			28	44,5	

XIV. Körpergewicht 7,25 Kilo. Das Mark über dem 1. Halswirbel durchschnitten. Die zuerst ausgeflossene Lymphe entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
15	1,0			27	37,0	
15	0,8	1,982	0,083	—	36,0	Maschinenbewegung.
15	0,6			27	35,2	
85						Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 41° C. erwärmt. Ausdrücken der Lymphe.
15	?				40,1	
15	0,5			35	40,6	Maschinenbew. Wiederholte Gewinnung der Lymphe, welche die Bestimmung der Ausflussmenge in der 1. und 3. Portion dieser Periode unsicher macht. Die Lymphe des erwärmten Thieres röther gefärbt als die frühere.
15	?	1,219	0,065		41,4	
15	0,3			30	41,6	

XV. Mittelhund. Curarevergiftung. Die zuerst ausgeflossene Lymphe entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10	2,6			142		
10	1,6	4,929	0,261	154	35,8	Maschinenbewegung.
10	1,4					
?						Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 42–47° C. erwärmt, ebenso die Athmungsluft. Ausdrücken der Lymphe.
10	1,6			155	36,2	
10	1,3				37,0	Maschinenbewegung.
10	1,2			152	38,0	
30		5,094	0,278			Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10	3,0				40,5	Maschinenbew. Wegen Eintreten der Zuckungen etwas Curare.
10	2,6				41 0	
10	2,9			164	42,0	Maschinenbewegung.
15		4,148	0,197			Ruhe, Ausdrücken derLymphe.
10	2,0			138	43,5	Maschinenbewegung.
15		1,656	0,072			Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10	1,5			31	45	Maschinenbewegung.
13						Ruhe, Ausdrücken derLymphe.
10	0,9	1,984	0,104	0,0	45	Maschinenbewegung.
50	1,7			0,0	44,5	

XVI. Körpergewicht 13,2 Kilo. Curarevergiftung. Eine halbe Stunde nach der Vergiftung wurden 7,5 Ccm. Lymphe mit 4,14 Proc. Rückstand entfernt. Der Abfluss der Lymphe erfolgt auch bei voller Ruhe der Extremität.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
7+2	3,5	3,166	0,138		37,0	Maschinenbewegung.
11+2	2,8	2,381	0,103		36,6	
10+2	2,0	2,044	0,088	228	36,5	
8						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+3	1,6	1,150	0,046	132	36,4	Maschinenbewegung.
11						Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 43 ° C. erwärmt. Ausdrücken der Lymphe.
15+2	1,7	1,643	0,072	200	37,2	Maschinenbewegung.
17						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
11+2	1,5	1,762	0,077	230	39,0	Maschinenbewegung.
19						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
16+3	1,9	1,736	0,085	210	40,9	Maschinenbewegung.
18						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
14+3	1,45	1,540	0,059	240	42,1	Maschinenbewegung.
13						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+2	0,85	1,054	0,045	70	43,2	Maschinenbewegung.
?						Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.

Fünf Minuten nach der zuletzt angegebenen Höhe des Blutdruckes sank derselbe plötzlich auf Null. Die Lymphe war während der ganzen Dauer des Versuches farblos und gerann langsam mit Ausnahme der Portionen, welche während der Temperatur des Thieres von 39° aufgefangen wurden.

XVII. Körpergewicht 4,75 Kilo. Opiumvergiftung.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10	1,1	2,669	0,148	95	39,0	Maschinenbewegung.
10	0,9			107	38,5	
40						Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 15°C. gebracht. Die ausgedrückte Lymphe zur nächstfolgenden Analyse mit verwendet.
10						Ruhe. Die Lymphe nicht ausgedrückt.
10	0,8			122	36,2	
10	0,4	1,436	0,084		37,0	Maschinenbewegung. Zuweilen Zittern des Rumpfes und der Gliedmaassen.
10	0,4			130	37,4	
37						Ruhe. Das Wasser des Kastens wird auf 44°C. gebracht. Ausdrücken der Lymphe.
10	0,9			123	40	Maschinenbewegung. 300 Athemzüge in einer Minute.
10	0,7			127	41,0	
10	0,2					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10	0,9	2,646	0,137		42	Maschinenbewegung. Bisweilen coordinirte Bewegung der Glieder.
10	0,2					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10	0,8			127	42,8	Maschinenbewegung. Während der Dauer des Versuches nimmt die rothe Färbung der Lymphe zu.

XVIII. Körpergewicht 4,6 Kilo. Opiumvergiftung. Die zuerst ausgeflossene Lymphe wird der zur ersten Analyse verwendeten beigemischt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+3	0,6	1,328	0,056	119	36,5	Maschinenbewegung.
10+3	0,45			120	36,4	
50	0,6				39	Ruhe. Das Wasser des Kastens auf 45°C. erwärmt. Ausdrücken der Lymphe.
10+3	0,7			134	39,8	Maschinenbewegung.
10	0,2					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+3	0,9	3,308	0,134	133	40,6	Maschinenbew. Ueber 200 Athemzüge in der Minute.
10	0,3					Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
10+3	1,1			145	41,6	Maschinenbewegung.
25	2,2	1,84	0,070	120	41,6	Keine Maschinenbewegung. Zuweilen schwache willkürliche Bewegung in den Extremitäten.



A. ven. jugularis _ B. tr. lymph. brachialis _
C. ven. transv. colli _ D. art. transv. colli _

Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1873.
Zur Abhandlg. v. Dr Paschutin.

XIX. Körpergewicht 14,65 Kilo. Curarevergiftung. Plex. brachialis dexter isolirt und ein Faden unter ihn gelegt. Die zuerst ausgeflossene Lymphe wird entfernt.

Dauer des Sammelns in Min.	Gewonnenes Volumen in Ccm.	Zur Analyse verwendete Lymphe in Gr.	Fester Rückstand in Gr.	Blutdruck in mm Hg.	Temperatur in ano.	Bemerkungen.
10+1	2,2				39,1	Maschinenbewegung.
11	0,5	3,525	0,178			Ruhe, Ausdrücken der Lymphe.
11+2	2,0			119	39,0	Maschinenbewegung.
18	0,58					Ruhe. Plex. brachialis nur theilweise durchschnitten. Die Pfote wird nicht wärmer. Es treten während der Durchschneidung schwache reflectorische Zuckungen ein. Der Blutdruck steigt bedeutend. Ausdrücken der Lymphe.
11+1	2,4			239	38,9	Maschinenbewegung. Selbständige Zuckungen.
10	1,3	3,508	0,148	210	39,0	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Zuckungen.
11+1	2,5			247	—	Maschinenbewegung. Zuckungen.
65 ?	6,7			200	—	Ruhe, Ausdrücken der Lymphe. Stärkere Zuckungen.
15+2	5,5	4,749	0,201	210	—	Maschinenbewegung. Zuckungen noch stärker.

F. Zöllner, *Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne.*

(Zweite Abhandlung.)

1.

In einer früheren Abhandlung über das gleiche Thema [1]) hatte ich versucht, Grenzwerthe für das Minimum der Temperatur an der Oberfläche der Sonne und in einer gewissen Tiefe unterhalb derselben zu ermitteln. Die Methode dieser Temperatur-Bestimmung hatte zu theoretischen Voraussetzungen:

1. das Gesetz von *Mariotte* und *Gay-Lussac*,
2. die Constanz des Verhältnisses der specifischen Wärme bei constantem Volumen und constantem Druck,
3. die Annahme, dass die eruptiven Protuberanzen ein Phänomen der Ausströmung eines Gases seien.

Die empirischen Voraussetzungen hierbei waren:

1. der numerische Werth jenes Verhältnisses der specifischen Wärmen,
2. der numerische Werth des Druckes der Wasserstoffatmosphäre in einer bestimmten Höhe über der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche,
3. der numerische Werth dieser bestimmten Höhen,
4. die Dichtigkeit der im Innern der Sonne comprimirten und in Form eruptiver Protuberanzen an der Oberfläche hervorbrechenden Wasserstoffmassen.

Es ist klar, dass eine Methode zur Bestimmung physischer Eigenschaften der Sonne auf Grund irdischer Maasseinheiten

---

1) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. 1870. Juni 2. Ergänzungen hierzu am Schlusse der vorliegenden Abhandlung und: Natur der Cometen, p. 490.

desto wahrscheinlichere Resultate liefern muss, je geringer die Anzahl der dabei erforderlichen Voraussetzungen ist. Ich erlaube mir daher in Folgendem eine bedeutend einfachere Methode zur Temperaturbestimmung der Atmosphäre der Sonne mitzutheilen, welche zu ihrer Anwendbarkeit als theoretische Voraussetzung nur das Gesetz von *Mariotte* und *Gay-Lussac*, und als empirische Voraussetzung nur die Kenntniss des Dichtigkeits-Verhältnisses erfordert, welches in zwei verschiedenen Höhen-Schichten der Wasserstoff-Atmosphäre, deren Abstand bekannt ist, stattfindet.

Bezeichnet nämlich:

h den Abstand der beiden Schichten,
σ_1 die Dichtigkeit in der unteren Schicht,
σ_2 die Dichtigkeit in der oberen Schicht,
r den Abstand der unteren Schicht vom Centrum der Sonne,
g die Intensität der Schwere in der unteren Schicht,
α den Ausdehnungscoefficienten der Gase für 1° C,
a eine von der Natur des atmosphärischen Gases abhängige Constante,
t die absolute Temperatur der betrachteten Atmosphäre,

so findet im Zustande des Gleichgewichtes und unter Voraussetzung einer constanten Temperatur bekanntlich die folgende Relation zwischen den obigen acht Grössen statt:

$$(1) \quad \ldots \quad \log.\ \text{nat.}\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{gr}{a\alpha t} \cdot \frac{h}{r+h}$$

setzt man hierin:

$$\log.\ \text{nat.}\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = l$$

so folgt als Ausdruck für die absolute Temperatur:

$$(2) \quad \ldots \quad t = \frac{gr}{a\alpha l} \cdot \frac{h}{r+h}$$

oder, wenn h gegen r vernachlässigt werden kann, als Näherungsformel:

$$(3) \quad \ldots \quad t = \frac{gh}{a\alpha l}$$

2.

Die spectroskopische Untersuchung des Sonnenrandes gestattet uns, einen Theil der glühenden Wasserstoffatmosphäre, welche einen wesentlichen Bestandtheil der Sonnenatmosphäre bildet, in Form der sogenannten Chromosphäre zu beobachten, und die mittlere Höhe (h) dieser Schicht an denjenigen Stellen des Sonnenrandes zu bestimmen, welche durch Abwesenheit von Protuberanzen auf einen gewissen Gleichgewichtszustand der Atmosphäre schliessen lassen. Wäre man daher im Stande, das Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre auch nur annähernd zu ermitteln, so gelangte man hierdurch in den Besitz derjenigen beiden empirischen Data, welche durch Anwendung der Formeln (2) oder (3) die Berechnung eines mittleren Temperaturwerthes für die Chromosphäre gestatteten. Da das erforderliche Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss nicht direct, sondern nur der natürliche Logarithmus desselben in die Temperatur-Formeln tritt, so können die Werthe jenes Druckverhältnisses innerhalb relativ weiter Grenzen schwanken, ohne hierdurch wesentlich den davon abhängigen Temperaturwerth zu beeinflussen. Wenn z. B. jenes Verhältniss zwischen den Werthen 500 und 5000 schwankte, so würden die natürlichen Logarithmen dieser Werthe beziehungsweise 6 2 und 8.5 sein und daher selbst eine so grosse Unsicherheit in der Ermittelung des Druckverhältnisses nur eine verhältnissmässig geringe Aenderung des davon abhängigen Temperaturwerthes bedingen.

Es fragt sich nun, ob es Erscheinungen giebt, welche uns Schlüsse auf einen Näherungswerth des Druckverhältnisses an der Basis und an der gewöhnlich sichtbaren Grenze der Chromosphäre gestatten.

Bereits in meiner früheren Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne bildeten die Untersuchungen von *Frankland*, *Lockyer*, *Sainte-Claire-Deville* und *Wüllner* über die Aenderungen der Gasspectra bei Veränderungen des Druckes das Argument, auf Grund dessen ich mich zu der Annahme berechtigt glaubte, »dass der Druck an der Basis der Chromosphäre oder am äussersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50^{mm} und 500^{mm} eines Quecksilberbarometers an der Erdoberfläche liegen muss.« (l. c. p. 110.)

In einer späteren Abhandlung »über den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase«[1]) zeigte ich indessen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zunahme der Dichtigkeit eines leuchtenden Gases ganz dieselbe Wirkung, wie die Zunahme der Dicke der leuchtenden Gasschicht hervorbringen muss, oder mit anderen Worten, dass die Veränderungen, welche das Spectrum eines leuchtenden Gases bei constanter Temperatur durch Druckveränderungen erleidet, nicht von dem Werthe des Druckes oder der Dichtigkeit in einem bestimmten Punkte der Gasmasse abhängen, sondern nur von der Quantität der leuchtenden Gastheilchen, welche ihr Licht in das Auge senden und daher, — gleichgültig in welcher Vertheilung, — auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen.

Dieser Satz von der spectroskopischen Aequivalenz der Dichtigkeit und Dicke einer strahlenden Gasschicht verkleinert nun, wie leicht ersichtlich, die früher angenommenen Druckwerthe an der Basis der Chromosphäre, indem damals die Modification des Wasserstoffspectrums, wie man sie unter irdischen Verhältnissen beobachtet, nur als eine Function des Druckes und nicht als eine Function der Dichtigkeit und Dicke der leuchtenden Schicht vorausgesetzt wurde.

Will man daher aus der Uebereinstimmung gesetzmässiger Veränderungen, welche die Spectra glühender Gase unter irdischen Verhältnissen bei Aenderungen des Druckes zeigen, auf Druck- oder Dichtigkeitsverhältnisse in den Atmosphären glühender Himmelskörper schliessen, so muss hierbei jederzeit die Quantität der leuchtenden Gastheilchen berücksichtigt werden, welche, auf der Gesichtslinie des Beobachters liegend, gleichzeitig ihr Licht in das Auge desselben senden.

Man vergleiche also z. B. das Wasserstoffspectrum in dem engen Canale einer Geissler'schen Röhre, deren Caliber 1^{mm} Durchmesser hat, mit dem Wasserstoffspectrum der Chromosphäre, und zwar gleichzeitig in demselben Gesichtsfelde,

---

1) Diese Berichte, Sitzung am 31. October 1870.

um alle ungleichartigen Einflüsse der Beleuchtung auf die Beurtheilung der Spectra möglichst zu beseitigen.

Ist man nun im Stande, nur durch Veränderungen des Druckes, z. B. bei der Linie F, alle diejenigen Veränderungen der Breite zu erzeugen, welche die gleiche Linie in dem Spectrum der Chromosphäre in verschiedenen Abständen von der Basis der letzteren besitzt, so wäre man im Allgemeinen zu der Annahme berechtigt, dass in dem engen Canale der Geissler'schen Röhre ähnliche physische Bedingungen realisirt seien, wie in der Chromosphäre, d. h. dass die gleiche Temperatur herrsche und die gleiche Menge glühender Gastheilchen auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen. Wäre daher die ungeheure Gasschicht, welche die Gesichtslinie an der Basis der Chromosphäre durchschneidet, überall von gleicher Dichte, so würden unter der erwähnten Bedingung die Werthe des Druckes oder der Dichte in der Geissler'schen Röhre und an der Basis der Chromosphäre im umgekehrten Verhältnisse der Dicken der strahlenden Gasschichten stehen. Man kann sich von dem hier betrachteten Verhältnisse der strahlenden Gasschichten auch eine Vorstellung verschaffen, wenn man berücksichtigt, dass unter den gemachten Voraussetzungen die ganze Gasschicht an der Basis der Chromosphäre ebenso durchsichtig sein muss, wie die dünne Gasschicht in dem engen Canale der Geissler'schen Röhre. Es erhellt hieraus gleichzeitig, wie geringfügig bereits in einer so grossen Nähe des Sonnenkörpers die Dichtigkeit der ihn umgebenden gasförmigen Materie sein müsste.

3.

Man kann nun leicht zeigen, dass im vorliegenden Falle mit sehr grosser Annäherung das Quantitäts-Verhältniss der Gastheilchen, welche an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre auf unserer Gesichtslinie liegen, übereinstimmt mit dem Verhältniss der Dichtigkeiten in der Chromosphäre an denselben Grenzen.

Es bezeichnen in beistehender Figur $g_1 g_1$ und $g_2 g_2$ die beiden Gesichtslinien, welche die Chromosphäre an der unteren und oberen Grenze durchschneiden. Der Radius r der Sonnenscheibe ist ungefähr 96 Millimeter gross gezeichnet, so dass bei

Annahme eines mittleren scheinbaren Sonnenhalbmessers von 16 oder 960" die Grösse eines Millimeters auf der Zeichnung einer scheinbaren Grösse von 10" auf der Sonnenscheibe entspricht. Nimmt man daher die mittlere Höhe der Chromosphäre zu 10" bis 15" an, so repräsentirt der Abstand der beiden Gesichtslinien g_1g_1 und g_2g_2 diese Höhe auf der Zeichnung.



Bezeichnet σ_x die Dichtigkeit eines Volumenelementes der Chromosphäre, welches auf der Gesichtslinie g_1g_1 im Abstande x

vom Dichtigkeitsmaximum σ_1 entfernt ist, so wird die Gasmenge m_1, welche in einem Raume von der Länge $2x$ und der Flächeneinheit als Querschnitt liegt, ausgedrückt durch:

$$m_1 = 2\int_o^x \sigma_x \, dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Bei einer unbegrenzten Atmosphäre müsste dieses Integral streng genommen auf die ganze Gesichtslinie, d. h. bis zum Auge des Beobachters ausgedehnt werden. Im vorliegenden Falle jedoch ist man mit Rücksicht theils auf das Bemerkte, theils auf die Ungenauigkeit der empirischen Data berechtigt, das Integral nur bis zu einer solchen Länge der Linie x auszudehnen, bei welcher es noch erlaubt ist, im Hinblick auf den approximativen Character der ganzen Werthbestimmung, die Höhe h_x gegen r zu vernachlässigen.

Unter dieser Voraussetzung hat man:

$$\sigma_x = \sigma_1 \, e^{-\frac{gh_x}{aat}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

oder für h_x den Werth $\frac{x^2}{2r}$ gesetzt, welcher aus der Gleichung:

$$(r + h_x)^2 = r^2 + x^2$$

mit Vernachlässigung von h^2_x resultirt:

$$\sigma_x = \sigma_1 e^{-\frac{gx^2}{2raat}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Setzt man hierin

$$\frac{g}{2raat} = c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

und substituirt den alsdann für σ_x sich ergebenden Werth im Ausdrucke (4), so wird:

$$m_1 = 2\sigma_1 \int_o^x e^{-cx^2} \, dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Ohne vorläufig auf die Werthbestimmung dieses Integrals näher einzugehen, ist doch leicht ersichtlich, dass bei der Kleinheit des Abstandes der beiden Linien g_1g_1 und g_2g_2 für die auf der oberen Linie g_2g_2 liegende Menge der Gastheilchen der folgende Ausdruck sich ergiebt:

$$(9) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad m_2 = 2\sigma_2 \int_0^x e^{-cx^2}\, dx$$

Durch Division beider Ausdrücke folgt:

$$(10) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

oder in Worten:

Die Quantitäten der leuchtenden Gastheilchen, welche an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen, verhalten sich angenähert wie die Dichtigkeiten oder Druckwerthe in den betreffenden Schichten der Chromosphäre, was bewiesen werden sollte.

4.

Die Anwendung der bisher entwickelten Formeln auf die Temperatur-Verhältnisse an der Sonnenoberfläche setzte im Wesentlichen nur die Kenntniss des Druck- oder Dichtigkeits-Verhältnisses in zwei verschiedenen Höhenschichten der Chromosphäre voraus, deren Abstand ein bekannter ist. Der Druck oder die Dichtigkeit selber, welche in jenen Höhenschichten stattfindet, blieb hierbei unbestimmt. Es soll jetzt gezeigt werden, wie sich mit Hülfe der obigen Formeln auch diese Grösse näherungsweise berechnen lässt.

Formel (8) drückte die Quantität der glühenden Gasmenge m_1 aus, welche in einem Raume enthalten ist, dessen Länge die an der unteren Grenze der Chromosphäre von der Gesichtslinie durchschnittene Strecke bildet, und dessen Querschnitt die Flächeneinheit ist.

Setzt man hierin:

$$cx^2 = y^2$$

so verwandelt sich der Ausdruck für m_1 in den folgenden:

$$(11) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad m_1 = \frac{2\sigma_1}{\sqrt{c}} \int_0^{\frac{y}{\sqrt{c}}} e^{-y^2}\, dy$$

Das hier auftretende Integral ist in geschlossener Form nicht darstellbar, dagegen bekannt aus einer Formel, welche die Wahrscheinlichkeit ausdrückt, dass ein bestimmter Beobachtungsfehler absolut genommen einen bestimmten Werth nicht überschreite. Für stetig wachsende Werthe von y convergirt das Integral nach dem Werthe $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$, so dass man hat:

$$\int_0^\infty e^{-y^2}\,dy = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

Aus den Tafeln, welche die numerischen Werthe des obigen Integrals für wachsende Werthe von y enthalten, ist ersichtlich, dass die Convergenz eine sehr schnelle ist, so dass z. B. schon für $y = 2.4$ der Werth des Integrals um weniger als ein Tausendtel seiner Grösse von $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ verschieden ist. Man wird daher im vorliegenden Falle berechtigt sein, diesen Werth als einen hinreichend angenäherten für das obige Integral zu substituiren und demgemäss erhalten:

$$m_1 = \sigma_1\sqrt{\frac{\pi}{c}}$$

oder:

$$\sigma_1 = m_1\sqrt{\frac{c}{\pi}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Substituirt man hierin für c den Werth aus Gleichung (7) und setzt:

$$\frac{1}{\alpha} = 273$$

so ergiebt sich:

$$\sigma_1 = m_1\sqrt{\frac{273g}{2r\pi\alpha t}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Diese Formel zeigt, dass man die Dichtigkeit (d. h. die in der Volumeneinheit enthaltene Masse) in einer bestimmten Schicht der Chromosphäre annähernd berechnen kann, wenn die in dem oben näher definirten Raume enthaltene Masse m_1 und die absolute Temperatur t derselben bekannt sind.

5.

Die gefundenen Ausdrücke sind für die Anwendung spectroskopischer Beobachtungen auf die Temperaturverhältnisse der Sonne bemerkenswerth. Denn gesetzt, man wäre im Stande, bei constanter Temperatur und unter Berücksichtigung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln, durch Druckveränderung electrisch leuchtender Gase diejenigen Modificationen z. B. des Wasserstoffspectrums zu erzeugen, durch welche die beiden Grenzen der Chromosphäre optisch bedingt sind, so wäre man berechtigt, das hierbei gefundene Druckverhältniss auch in der Sonnenatmosphäre vorauszusetzen und auf diese Weise mit Hülfe der Formeln (1) oder (3) einen numerischen Werth für die Temperatur der betreffenden Schicht der Atmosphäre zu ermitteln.

Bekanntlich sind die Schwierigkeiten, den hier geforderten Bedingungen experimentell zu genügen, deshalb so bedeutende, weil im Allgemeinen bei der Vergrösserung der Dichtigkeit des Gases gleichzeitig der electrische Widerstand wächst, so dass die zur Ueberwindung desselben erforderliche grössere Electricitätsmenge gleichzeitig eine höhere Temperatur des glühenden Gases erzeugt.

Wüllner hat das Spectrum des Wasserstoff's unter sehr verschiedenen Druckverhältnissen beobachtet. In seiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand bemerkt er:

»Bei 6 Millim. Druck war ausser den characteristischen Wasserstofflinien die rothgelbe Partie noch eben sichtbar, . . .

»Bei noch weiterer Verdünnung des Gases bis auf 3 Mllm., 2 Mllm. behielten die characteristischen Linien dieselbe Helligkeit, alles übrige verschwand aus dem Spectrum fast vollständig; es trat indess bei gleichzeitiger Schwächung der hellen Linien ein Theil des continuirlichen Spectrums im grünen, in Form von etwa fünf hellen Feldern wieder hervor, als das Gas bis auf Bruchtheile eines Millimeters Druck verdünnt wurde.« [1])

---

1) Poggendorff's Annalen, Bd. CXXXV. (p. 505 u. 506.)

In einer späteren Abhandlung »über die Spectra einiger Gase bei hohem Drucke«[1]) beobachtete *Wüllner* das Spectrum des Wasserstoff's bis zu einem Drucke von 2240 Millimeter, dem höchsten Druckwerthe, welchen die von ihm benutzten Apparate gestatteten. Bereits bei einem Drucke von 1703^{mm} werden die wesentlichsten Charactere des Wasserstoffspectrums mit folgenden Worten beschrieben:

»Bei diesem Drucke ist H_α schon sehr verwaschen, es zeigt sich als ein mehrere Minuten breites Band, an dessen Rändern die Lichtstärke rasch abnimmt . . .«

»Der grüne Theil des Spectrums leuchtet sehr hell, die Helligkeit nimmt anfangs langsamer, dann rascher bis zur Stelle H_β zu, wo die Helligkeit des Spectrums am grössten ist, so dass diese Stelle fast weiss erscheint. Nach der blauen Seite nimmt die Helligkeit rasch ab, indess ist Blau und Violett sehr schön, am schönsten in der Gegend von H_γ, so dass gegenüber der Erscheinung bei geringerem Drucke H_γ wieder aufzutreten scheint, aber verwaschen und verbreitert wie H_β. Die Gränze des Spectrums geht deshalb etwas über die Stelle von H_γ hinaus.«

Zu dem höchsten Druckwerthe übergehend, wird alsdann Folgendes bemerkt:

»Durch noch weitere Vermehrung des Druckes liess sich eine wesentlich weitere Annäherung an ein continuirliches Spectrum nicht erzielen, selbst bei dem durch die Dimensionen des Apparates bedingten höchsten Druck von 2240^{mm}, also fast drei Atmosphären, blieb H_α noch immer in ähnlicher Weise bestehen; die Verwaschung desselben an den Rändern war aber doch so beträchtlich vorgeschritten, dass man bei noch weiterer Druckvermehrung erwarten kann, H_α ebenso verschwinden zu sehen, wie H_β und H_γ schon bei geringeren Drücken verschwinden.« (l. c. p. 342.)

In seiner neuesten Arbeit: »Ueber die Spectra der Gase in Geissler'schen Röhren« (Pogg. Ann. CXLVII p. 347 ff.) ist Herr *Wüllner* geneigt, den in obigen Worten von ihm beschriebenen Uebergang discontinuirlicher in continuirliche Spectra als »wesentlich durch die Steigerung der Temperatur bedingt« anzu-

---

1) Poggendorff's Annalen Bd. CXXXVII p. 337 ff.

nehmen. Unter den Gründen, welche ihn zu einer solchen Annahme nöthigen, führt er unter Anderem Folgendes an:

»Dass es wesentlich die Steigerung der Temperatur ist, welche die Ausbildung des continuirlichen Spectrums bedingt, dafür spricht auch, dass in den meisten Fällen dasselbe nicht durch Verbreiterung der hellen Linien, sondern durch allmälig immer heller werdende Beleuchtung des ganzen Hintergrundes sich ausbildet, ohne dass die Linien dabei wesentlich an Schärfe verlieren. Denn eine Vermehrung der Dichte ohne steigende Temperatur kann, wie mir scheint, den Uebergang in das continuirliche Spectrum nur durch eine Verbreiterung der Linien bewirken, während durch Steigerung der Temperatur und damit für alle Wellenlängen wachsendes Emissionsvermögen das Spectrum ebenso gut in der andern Weise continuirlich werden kann.«

Wie man sieht, treffen diese Bemerkungen jedenfalls nicht die oben von mir citirten Beobachtungen *Wüllner*'s, indem hierbei ausdrücklich die Verbreiterung von H_α zu einem »verwaschenen, mehrere Minuten breiten Bande, an dessen Rändern die Lichtstärke rasch abnimmt«, hervorgehoben wird. Ich glaube daher, dass wenigstens d i e s e Beobachtungen nur so gedeutet werden können, wie es in meiner theoretischen Untersuchung »über den Einfluss der Temperatur und Dichtigkeit auf die Spectra glühender Gase« geschehen ist, nämlich »dass das Continuirlichwerden der Gasspectra in Geissler'schen Röhren sowohl Folge der Vermehrung der Gasdichte, als auch Steigerung der Temperatur sein könne.« [1])

Die Grösse des Antheils einer jeden dieser beiden Ursachen an der beobachteten Verbreiterung der Linien und der Continuität des Spectrums muss selbstverständlich so lange unentschieden bleiben, bis es gelungen ist, die Abhängigkeit des Emissions- und Absorptionsvermögens von der Temperatur des betreffenden Gases zu ermitteln.

6.

Wenn ich nun dazu übergehe, die Bedingungen näher zu discutiren, unter welchen die Kenntniss der erforderlichen

1) *Wüllner*, Poggendorff's Annalen, Bd. CXLVII p. 347.

numerischen Grössen erlangt werden kann, und gleichzeitig auf Grund der bisherigen rohen Näherungswerthe bestimmte Substitutionen mache, so bemerke ich hier ausdrücklich, dass dies mehr zur Erläuterung der entwickelten Theorie, als zur Ableitung definitiver Werthe geschieht. Ich halte diese Bemerkung um so mehr für geboten, als die in einer früheren Arbeit erlangten Temperaturwerthe, die ich ausdrücklich als Minimalwerthe bezeichnet hatte, irrthümlicher Weise als definitive Bestimmungen aufgefasst worden sind.

Die oben ausführlich mitgetheilten Beobachtungen über die Modificationen des Wasserstoff-Spectrums bei Veränderung der Dichtigkeit und Temperatur werden den Leser einigermassen in den Stand setzen, sich ein selbständiges Urtheil darüber zu bilden, in wie weit man berechtigt ist, diese Veränderungen mit denjenigen zu vergleichen, welche wir in dem Spectrum der Chromosphäre der Sonne beobachten. Berücksichtigt man hierbei, dass die Temperaturverschiedenheiten an der untern und obern Grenze der Chromosphäre durch die mannigfachen und heftigen Bewegungen in derselben fortdauernd sich auszugleichen bestrebt sind, indem diese Bewegungen selber zum Theil jenen Temperaturdifferenzen ihren Ursprung verdanken, so wird man die characteristische Verbreiterung z. B. der Linie H_β an der Basis der Chromosphäre im Wesentlichen einer Zunahme der Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Gasschicht zuschreiben dürfen. Mit Berücksichtigung des oben (Pag. 165) bewiesenen Satzes wird daher für das Verhältniss der Dichtigkeiten an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre das näherungsweise Verhältniss der Druckwerthe vorausgesetzt werden können, innerhalb welcher unter irdischen Verhältnissen das Wasserstoffspectrum die analogen Veränderungen seiner Beschaffenheit erleidet. Es würden diese Veränderungen nach den oben angeführten Versuchen *Wüllner*'s in runder Zahl etwa zwischen den Druckwerthen von 2240^{mm} und 1^{mm} liegen. Da nun die mittlere Höhe der Chromosphäre an möglichst ruhigen Stellen der Sonnenoberfläche den Beobachtungen zufolge ungefähr zu 10 Bogensecunden angenommen werden darf, so wäre man im Besitze derjenigen beiden numerischen Data, welche mit Hülfe der Formel (3) einen approximativen Mittelwerth für die absolute Temperatur der Chromosphäre liefern.

Die Formel war folgende:

$$t = \frac{gh}{a\alpha l}$$

wobei:

$$l = \text{log. nat.}\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

Das Meter und den Centesimalgrad als Einheiten genommen, hat man alsdann:

$$g = 274.3$$

$$\frac{1}{\alpha} = 273$$

$$a = 1131600 \text{ (Wasserstoff)}$$

$$h = 7153300$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2240$$

Es ist hierbei:

$$a = \frac{\varrho_1 g_1 a_1}{\varrho}$$

wenn:

ϱ_1 das specifische Gewicht des Quecksilbers,
g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,
a_1 die mittlere Höhe des Barometerdruckes,
ϱ die unter diesem Drucke bei 0° C. stattfindende Dichtigkeit des Wasserstoffgases.

Der hieraus resultirende Werth der absoluten Temperatur ist:

$$t = 61350^0$$

Hierbei sei nochmals der bereits oben erwähnte Umstand hervorgehoben, dass die Unsicherheit der numerischen Bestimmung des Verhältnisses $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ den Werth von t nur in geringem Grade beeinflusst, indem z. B. ein 10 Mal höherer Werth unter übrigens unveränderten Annahmen die berechnete Temperatur nur auf

$$t = 47270^0$$

herabsetzen würde. Sowohl durch diesen Umstand als auch durch die Einfachheit der theoretischen Voraussetzungen dürfte die angegebene Formel einen wesentlichen Vorzug vor dem früher von mir eingeschlagenen Wege zur Temperaturbestimmung der Sonne beanspruchen.

Ausserdem zeigt dieselbe eine bemerkenswerthe Beziehung zwischen den Grössen t und h. Wäre nämlich die Höhe der

Chromosphäre wesentlich nur durch das Verhältniss der Dichtigkeiten $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ an der unteren und oberen Grenze bedingt, so würde der Abstand *h* der beiden Schichten, in denen dieses constante Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss stattfindet, proportional der absoluten Temperatur sich ändern. Lägen daher zahlreiche und statistisch zu behandelnde Beobachtungen über die mittlere Höhe der Chromosphäre an allen Theilen des Sonnenrandes vor, so würde man hierdurch, ohne die Temperaturen selber zu kennen, doch annähernd ein Urtheil über das Verhältniss derselben an verschiedenen Theilen der Sonnenoberfläche, z. B. am Aequator und an den Polen derselben, erlangen können.

Die geringere Höhe der Chromosphäre an den Polen der Sonne, welche *Secchi* seinen Beobachtungen entsprechend findet, scheint in Verbindung mit den anderweitigen Resultaten desselben Beobachters über die geringere Wärmestrahlung der Polarregionen der Sonne die oben gefolgerten Beziehungen zu bestätigen.[1]) Es würde z. B. an Stellen der Sonnenoberfläche, wo die mittlere Höhe der Chromosphäre circa 15 Secunden beträgt, unter den gemachten Voraussetzungen eine absolute Temperatur von ungefähr 90000° resultiren. So wichtig aber auch für Untersuchungen der Temperaturverhältnisse an der Sonnenoberfläche die erwähnte Proportionalität zwischen der Temperatur und der Höhe der Chromosphäre in Zukunft werden kann, so darf dennoch vorläufig die Bedeutung dieses Zusammenhanges aus nahe liegenden Gründen nicht überschätzt werden.

Um nun auch die Anwendbarkeit der Formel (11) durch Einsetzung numerischer Werthe zu erläutern, vergegenwärtige man sich zunächst, dass die Vergleichbarkeit der unter irdischen Verhältnissen beobachteten Erscheinungen in Geissler'schen Röhren mit denjenigen in der Chromosphäre der Sonne nur unter der Voraussetzung zulässig ist, dass die wesentlichen Bedingungen, von denen die verglichenen Erscheinungen abhängen, in beiden Fällen innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmen. Als solche Bedingungen sind im Wesentlichen zwei erkannt worden, nämlich erstens die Temperatur, und zweitens die Quantität der Gasmasse, welche von der Gesichtslinie des

1) Die Erniedrigung der Chromosphäre über den Sonnenflecken, welche *Respighi* beobachtet, könnte gleichfalls einer Temperaturerniedrigung an diesen Stellen zugeschrieben werden.

Beobachters für gleiche Querschnitte der durchschauten Räume getroffen wird.

Es muss folglich die Temperatur und die Quantität der auf der Gesichtslinie liegenden Wasserstofftheilchen in einer Geissler'schen Röhre im Wesentlichen als übereinstimmend mit den analogen Grössen an denjenigen Stellen der Chromosphäre vorausgesetzt werden können, deren Spectrum mit dem der Geissler'schen Röhre übereinstimmt.

Es wurde oben bei Mittheilung der Versuche *Wüllner*'s darauf hingedeutet, dass im Allgemeinen eine Zunahme der Temperatur bezüglich der Verbreiterung von Linien im Wasserstoffspectrum in demselben Sinne wirke, wie eine Zunahme der Dichtigkeit. So lange also nicht die Grösse der Wirkung einer jeden dieser beiden Ursachen für sich genauer bekannt ist, wäre es denkbar, dass dasselbe Aussehen des Spectrums bei verschiedenen Werthen der Temperatur stattfinden könne, wenn die entsprechenden Werthe der Dichtigkeit und Dicke vorhanden sind. Berücksichtigt man aber die bedeutende Helligkeit der Linien in der Chromosphäre, die in unmittelbarer Nähe des glänzenden Sonnenrandes sich von dem stark erleuchteten Spectralgrunde noch deutlich abheben, so wird man annehmen müssen, dass die Temperatur des in der Chromosphäre glühenden Wasserstoffes jedenfalls nicht niedriger als diejenige ist, bei welcher das Wasserstoffgas in einer Geissler'schen Röhre dieselbe Schärfe der Linien des discontinuirlichen Spectrums zeigt. Man wird daher auch die Quantität der Gasmasse, welche von der Gesichtslinie des Beobachters in der Chromosphäre durchschnitten wird, eher geringer als grösser im Vergleich zu der in der Geissler'schen Röhre durchschauten Gasschicht voraussetzen müssen.

Nach diesen Vorbemerkungen ist es nun leicht, mit Hülfe der früher entwickelten Formel (12):

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

einen Werth für die Dichtigkeit des glühenden Wasserstoffes in einer bestimmten Schicht der Chromosphäre abzuleiten.

Wählt man die untere Grenze derselben, so bedeutet in obiger Formel:

σ_1 die Dichtigkeit, d. h. die in der Volumeneinheit ent-

haltene Masse von Wasserstoff an der untersten Schicht der Chromosphäre,

m_1 diejenige Masse von Wasserstoff, welche von unserer Gesichtslinie an der Basis der Chromosphäre durchschnitten wird, wenn der Querschnitt der durchschauten Strecke gleich der Flächeneinheit ist.

Nach den vorher angestellten Erörterungen muss diese Masse bei gleicher Temperatur als übereinstimmend mit derjenigen vorausgesetzt werden, welche bei gleichem Querschnitt in einer Geissler'schen Röhre auf der senkrecht durchschauten Funkenstrecke liegt.

Wenn der Raum, welchen die vom Funken getroffenen und glühend gemachten Gastheilchen einnehmen, sehr klein ist im Verhältniss zu dem ganzen Raume, innerhalb dessen der Uebertritt des Funkens stattfindet, — wie dies z. B. bei den neueren Versuchen *Wüllner's* der Fall war, bei denen Geissler'sche Röhren angewandt wurden, welche überall eine lichte Weite von etwa 2 Centimeter besassen und in denen die Electroden 7.5 Centimeter von einander entfernt waren[1] — so wird sich die glühend gemachte Gasstrecke unter einem angenähert constanten Druck ausdehnen und entsprechend dem *Gay-Lussac'*schen Gesetze seine Dichte verringern. Es erhellt hieraus, dass zur Beurtheilung der Gasmenge, welche auf der die Funkenstrecke senkrecht durchschneidenden Gesichtslinie liegt, die Kenntniss von drei Grössen erforderlich ist, nämlich

1. die ursprüngliche Dichtigkeit des Gases innerhalb der Röhre,
2. die Dicke der Funkenstrecke,
3. die Temperatur des Funkens.

Die erste dieser drei Grössen lässt sich bestimmen, die zweite für die vorliegenden Zwecke vielleicht annähernd schätzen, dagegen bleibt die dritte unbekannt. Berücksichtigt man jedoch den mehrfach hervorgehobenen Umstand, dass die Bedingung für die Vergleichbarkeit zwischen dem irdischen Wasserstoff-Spectrum und demjenigen der Chromosphäre auf der Annahme beruht, dass die physischen Verhältnisse bei beiden Phänomenen im Wesentlichen dieselben sind, so muss annäherungsweise die oben für die Chromosphäre abgeleitete Tempera-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. CXLVII p. 325.

tur auch für die Funkenstrecke in der Geissler'schen Röhre vorausgesetzt werden. Endlich würden sich dann die Dichtigkeiten des Gases während des Glühens und vor demselben umgekehrt wie die absoluten Temperaturen in beiden Zuständen verhalten. Ist also z. B. unter Voraussetzung der oben für die Chromosphäre erhaltenen Temperaturwerthe die Temperatur des Wasserstoffs in der Geissler'schen Röhre vor dem Glühen gleich der des schmelzenden Eises, so würde die Dichtigkeit der glühenden Funkenstrecke ungefähr 200 Mal kleiner als diejenige des in der Röhre enthaltenen Gases bei 0° C. sein.

Nimmt man alsdann ferner an, dass die Dicke der Funkenstrecke ungefähr 1 Millimeter beträgt, und berücksichtigt, dass als Längeneinheit bei den obigen Formeln das Meter angewandt wurde, so wird die Dichtigkeit einer glühenden Wasserstoffmenge, die in der Volumeneinheit dieselbe Masse enthält, wie eine die ganze Chromosphäre gradlinig durchschneidende Strecke, mit der Flächeneinheit als Querschnitt, nur $\frac{1}{200000}$ von derjenigen Dichtigkeit betragen, welche das Wasserstoffgas in der Geissler'schen Röhre bei 0° C. besitzt. Bezeichnet daher σ_0 diese ursprüngliche Dichte, so vermindert sich dieselbe auf der Funkenstrecke von der angenommenen Dicke bis auf $\frac{\sigma_0}{200}$ und müsste noch weiter um das Tausendfache dieser Grösse vermindert werden, wenn man sich die auf der angenommenen Strecke eines Millimeters liegende Quantität von glühenden Gastheilchen auf die Strecke eines Meters als Längeneinheit ausgedehnt denkt. Der so erhaltene Werth von $\frac{\sigma_0}{200000}$ wäre dann gleich m_1 in der obigen Formel zu setzen, d. h. gleich der in der Volumeneinheit enthaltenen Gasmasse, welche quantitativ und qualitativ übereinstimmt mit derjenigen Masse von glühendem Wasserstoff, die in einem parallel der Gesichtslinie aus der Chromosphäre herausgeschnittenen Cylinder mit der Flächeneinheit als Querschnitt liegt.

Man erhält alsdann für die Dichtigkeit an einer beliebigen Stelle der Chromosphäre, z. B. an der Basis derselben, den folgenden Ausdruck:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_0}{200000}\sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

oder für den Druck, wenn man für σ_1 und σ_0 die ihnen proportionalen Druckwerthe p_1 und p_0 setzt:

$$p_1 = \frac{p_0}{200000}\sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

mithin, da nach dem Früheren:

$$c = \frac{273g}{2rat}$$

$$p_1 = \frac{p_0}{200000}\sqrt{\frac{273g}{2\pi rat}}$$

Nimmt man für p_0 den höchsten der von *Wüllner* angewandten Druckwerthe und für t den ersten der oben gefundenen Werthe, so erhält man in Millimeter Quecksilberdruck

$$p_1 = 0.00000000016$$

Berechnet man hieraus für die angenommene Temperatur des glühenden Wasserstoffes die Dichtigkeit an der Basis der Chromosphäre, so ergiebt sich dieselbe zu ungefähr $\left(\frac{1}{10}\right)^{19}$ von derjenigen des Wassers. Eine Hohlkugel von der Grösse unserer Erde mit Gas von dieser Dichtigkeit erfüllt, würde eine Masse von ungefähr 84 Cubikmeter Wasser repräsentiren. Wäre nun die Chromosphäre bei einer Höhe von 10 Secunden überall von dieser constanten Maximal-Dichtigkeit ihrer Basis, so würde ihre Gesammtmasse nur $\left(\frac{1}{10}\right)^{15}$ der Erdmasse betragen. Selbst bei einer täglichen Erneuerung der ganzen Chromosphäre würde nach dieser Berechnung erst in drei Millionen Jahren eine Wasserstoffmasse verbraucht werden, die ungefähr dem millionsten Theile der Erdmasse entspräche und daher bezüglich der Masse der Sonne und ihrer Atmosphäre für unsere Wahrnehmungen als vollkommen verschwindend betrachtet werden darf.

7.

Wenn Hr. *Faye* neuerdings die Frage aufwirft, weshalb die fortdauernd durch eruptive Protuberanzen aus dem Innern der Sonne seit dreissig Jahren emporgeschleuderten Wasserstoffmassen die Chromosphäre nicht merklich vermehrt haben [1]), so werden die oben mitgetheilten Zahlenwerthe aus-

1) Vgl. Comptes rendus. T. LXXV. p. 1669 ff. (16. Dec. 1872.) »Je me suis demandé souvent d'où venaient les flammes hydrogénées de la

reichen, um diese Frage unter Voraussetzung der bei ihr gemachten Prämissen in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen zu beantworten. Indessen ganz abgesehen hiervon, scheinen mir auch die Voraussetzungen, unter denen die von *Faye* aufgeworfene Frage überhaupt nur einen Sinn haben kann, mit seinen so oft und entschieden vertheidigten Anschauungen von der überwiegend gasförmigen Beschaffenheit des Sonnenkörpers in vollkommenem Widerspruche zu stehen. Denn eine Vergrösserung der atmosphärischen Hülle eines Weltkörpers durch Gaseruptionen aus tiefer gelegenen Theilen ist nur dann denkbar, wenn der Raum, welchem die inneren Gasmassen entströmen, von einer gegen die äussere Atmosphäre undurchdringlichen Hülle umschlossen ist. Existirt aber eine solche Hülle nicht, oder finden die alsdann unbekannten Processe der eruptiven Protuberanzentwickelung ausserhalb jener Hülle, also in den unteren Schichten der Atmosphäre selber statt, so kann hierdurch die Gesammtmenge dieser Atmosphäre weder vermehrt noch vermindert werden; denn jene emporgeschleuderten Massen sind alsdann nichts anderes als Theile der Atmosphäre, die durch Gleichgewichtsstörungen nur ihren Ort gewechselt haben, d. h. von tieferen nach höheren Schichten derselben bewegt worden sind.

Betrachtet man dagegen die Sonne als eine glühend-flüssige Masse, welche mit einer dichten Hülle von Dämpfen und Gasen umgeben ist, die sich entsprechend dem Dalton'schen Gesetze gegenseitig durchdringen, so wird ein Theil der Gase, z. B. des Wasserstoffs, nach Massgabe des Druckes an der Basis der Atmosphäre von der glühend-flüssigen Oberfläche absorbirt werden[1]. Bestände z. B. die Atmosphäre unserer Erde aus

chromosphère, qui semblent être produites par de violentes et continuelles éruptions. Si cette hydrogène sort sans cesse de l'intérieur, comment se fait-il, qu'il n'augmente pas depuis trente ans qu'on observe dans les éclipses des protubérances et même des traces de la chromosphère, et depuis trois ans que l'on suit celle-ci jour par jour? S'il n'est pas expulsé hors de la sphère d'activité du Soleil, il faut donc que, malgré sa légèreté spécifique et l'absence absolue de toute indication relative à des courants descendants, il rentre de quelque façon dans le corps du Soleil.«

1) Dass auch glühende Flüssigkeiten Gase schon unter geringem Drucke auflösen und absorbiren können, zeigen die Beobachtungen von *St. Claire Deville* über die Auflösung von Gasen in schmelzendem Glase. Comptes rendus, T. 57. p. 965.

Kohlensäure von einigen Atmosphären Druck, so würden die Oberflächen der Meere aus kohlensaurem Wasser bestehen, aus welchem bei localer Steigerung der Temperatur oder Verminderung des Druckes ein Theil des absorbirten Gases in Form von Gasblasen an der betreffenden Stelle entweichen muss, um das in der Atmosphäre gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Könnten diese kohlensauren Gasströme sichtbar gemacht werden, so würden sie uns wahrscheinlich durch die Analogien in ihrer Form und Häufigkeit an die Protuberanzen der Sonne erinnern. Wie gross übrigens schon die Zähigkeit einer Wasseroberfläche ist, um beim Entweichen absorbirter Gase Veranlassung zur Blasenbildung und beim Zerplatzen der Blasen zu plötzlich verschwindenden Widerständen zu geben, davon kann man sich jederzeit beim Oeffnen einer Flasche mit kohlensaurem Wasser überzeugen. Die Höhe, bis zu welcher die feinen Wassertröpfchen unter dem Einflusse der hierbei entwickelten Kräfte emporgeschleudert werden, giebt gleichzeitig einen Massstab für die Anfangsgeschwindigkeiten, mit welchen dieselben die Oberfläche des Wassers verlassen.

Dass auch glühende Flüssigkeiten an ihrer Oberfläche in hohem Masse unter analogen aber quantitativ sehr vergrösserten Verhältnissen die Fähigkeit zur Blasenbildung besitzen, darüber geben directe Beobachtungen von *Spallanzani* an einem Kraterschlunde des Stromboli Aufschluss.

»Die glühende Lava stieg alle zwei Minuten gegen zwanzig Fuss weit herauf, und sank dann rasch wieder in die Tiefe zurück. Jedesmal, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hatte, blähte sich ihre Oberfläche auf; Blasen von mehreren Fuss Durchmesser schwollen empor, und explodirten zuletzt mit einem starken Knall; dabei wurden sie in hundert Stücke zersprengt, die mit fürchterlicher Gewalt in die Luft flogen, und als Stein- und Schlackenregen klirrend am Berge herabstürzten . . . *Poulett Scrope* beobachtete im Jahre 1849 diese Erscheinungen in ganz ähnlicher Weise.« [1])

Auf Grund dieser Analogien und Thatsachen hatte ich vor zwei Jahren meine Ansicht von der Ursache der eruptiven Pro-

1) *Naumann*, Geognosie. 2. Aufl. Bd. I. . 146 ff.

tuberanzen und ihres Zusammenhanges mit den Flecken und Fackeln folgendermassen formulirt: [1])

»Die eruptiven Protuberanzen entstehen durch Druckdifferenzen zwischen dem Druck einer in der Flüssigkeit eingeschlossenen oder von ihr absorbirten Gasmasse und dem äussern, durch die Cohärenz und Schwere der oberen Flüssigkeitsschichten vergrösserten, Druck der Atmosphäre.

Demgemäss werden an denjenigen Orten am leichtesten eruptive Protuberanzen entstehen können, wo der zu überwindende Druck am geringsten ist, am seltensten oder gar nicht da, wo dieser Druck am grössten ist. Jeder aufsteigende Luftstrom in der Atmosphäre vermindert aber den Druck an dieser Stelle ebenso wie jeder absteigende ihn vermehrt. Da nun in der Umgebung der Flecken sehr starke aufsteigende Ströme stattfinden und ebenso die Fackeln durch derartige Ströme verursacht werden, so müssen diese Stellen besonders günstig für die Entwickelung eruptiver Protuberanzen sein.« [2])

---

1) Vergl. diese Berichte, Sitzung am 11. Februar 1871, p. 107.

2) Hr. *Tacchini* glaubt nur diejenigen Protuberanzen als Eruptionen betrachten zu dürfen, welche die Gestalt eines Baumes oder eines Fächers haben, d. h. an der Basis schmaler als an ihrem obern Ende sind. Ohne die Berechtigung einer solchen Anschauung näher zu discutiren, ist doch klar, dass für die Erklärung jener Eruptionen nothwendig diejenigen physikalischen Bedingungen an der Sonnenoberfläche vorausgesetzt werden müssen, ohne welche überhaupt eine Eruption, d. h. die gewaltsame und plötzliche Ueberwindung eines Widerstandes durch comprimirte Gasmassen, nicht denkbar ist. Ein solcher Widerstand kann nur durch eine Substanz erzeugt werden, welche sich in einem cohärenteren Aggregatzustande als dem gasförmigen befindet; die Existenz von eruptiven Protuberanzen erfordert also nothwendig die Existenz einer flüssigen Masse, aus welcher die Gase gleich den Blasen kohlensaurer Gewässer bei Druckverminderung der auf ihnen ruhenden Atmosphäre entweichen.

Wenn sich daher Hr. *Tacchini* aus dem Umstande, dass unter den zahlreichen Protuberanzen nur etwa 8 Proc. den erwähnten eruptiven Charakter zeigen, zu dem Schlusse berechtigt glaubt, es sei die allgemeine Form der Protuberanzen unvereinbar mit der Annahme einer festen oder flüssigen Beschaffenheit der Sonnenoberfläche, so erhellt aus den oben gemachten Bemerkungen, dass das Princip der Majoritäten im vorliegenden Falle ein logisch unzulässiges ist. Denn wenn auch nur eine einzige Protuberanz unter den zahlreichen bisher beobachteten als eine Eruption erkannt wor-

Bereits im Jahre 1870 hatte *Respighi* diese Beziehungen als allgemeine Resultate seiner Beobachtungen mit folgenden Worten ausgesprochen: [1])

»Sul contorno delle macchie sorgono ordinariamente getti gassosi di straordinarie intensità e violenze, e di forme ben definite.«

»Ordinariamente nelle località delle facole le protuberanze o le eruzioni sono molto frequenti e molto sviluppate«, *etc.* . . .

Zu gleichen Resultaten ist auch *P. Secchi* im Laufe seiner zahlreichen Beobachtungen gekommen, die er in einer kürzlich veröffentlichten Mittheilung [2]) an die Pariser Akademie mit folgenden Worten zusammenfasst:

1. *»Les régions des facules et des taches sont les plus riches en protubérances.*
2. *Il y a deux espèces de protubérances, les unes faibles et légères, épanouies comme nos cirrhus légers dans l'atmosphère, les autres plus denses, plus compactes, plus vives, ayant une structure filaire et des caractères optiques particuliers.«*

Dass lebhaftere Eruptionen, die mit grösserer Geschwindigkeit die tieferen und dampfreicheren Schichten der Atmosphäre durchdringen, auch Theile derselben bis über die untere Grenze der Chromosphäre emporreissen und ihre Bestandtheile spectroskopisch durch helle Linien anzeigen können, ist bei hinreichender Stärke der Eruption eine im Voraus zu erwartende Erscheinung. Dem entsprechend findet denn auch *P. Secchi* im Spectrum der erwähnten lebhaften und intensiven Protuberanzen zahlreiche Linien von glühenden Metallen. Er bezeichnet sie deshalb auch kurz als von metallischem Character, und hebt a. a. O. ihren Zusammenhang mit den Flecken in ganz bestimmter Weise mit folgenden Worten hervor:

»Alors j'ai remarqué soigneusement toutes les éruptions ayant ce caractère que, pour abréger, j'appellerai métallique, et j'ai trouvé que, toutes les fois qu'on observait à l'orient du

den wäre, so wäre man gezwungen, wenigstens der betreffenden Stelle der Sonnenoberfläche diejenigen Eigenschaften beizulegen, durch welche die Möglichkeit einer Eruption physikalisch erst begreiflich wird.

1) Atti della Reale Academia dei Lincei nella sessione del 4 decembre 1870.

2) Comptes rendus, T. LXXVI, p. 250—257. (Febr. 3., 1863.)

bord solaire une de ces éruptions, on découvrait une tache visible le jour suivant. Cette liaison est si réelle, que j'ai pu, pendant ces derniers mois, prédire l'apparition d'une tache par la simple inspection de la qualité du spectre et de l'éruption. Les cinq rotations dont je présente le résumé m'ont fourni, à elles seules, vingt-quatre de ces exemples.«

P. Secchi hält sich a. a. O. p. 253 auf Grund dieses räumlichen Zusammenhanges beider Erscheinungen für berechtigt, einen Schluss über die Art ihres causalen Zusammenhanges mit folgenden Worten zu machen:

»*La conclusion de tout ce que nous venons de dire est donc manifeste. Les taches sont produites par l'éruption de l'intérieur à l'extérieur, de masses des vapeurs métalliques que je viens d'indiquer.*«

Weshalb die hier als »*manifeste*« bezeichnete Conclusion nicht auch als umgekehrte den Beobachtungen genügen könnte, (— *les éruptions sont produites par les taches* —) d. h. weshalb der Fleck nicht als eine Gelegenheitsursache der Bildung der eruptiven Protuberanzen vorangehen könnte, dafür habe ich in den Arbeiten *P. Secchi's* vergeblich nach einem irgendwie stichhaltigen Grunde gesucht. Denn dass am östlichen Sonnenrande, wie oben bemerkt, zuerst die oberen Theile der Protuberanzen sichtbar werden und erst am folgenden Tage, bei fortgeschrittener Rotation der Sonne, der bis dahin verdeckte Fleck zum Vorschein kommt, dafür liegt der Grund in so einfachen Verhältnissen, dass man nicht annehmen kann, *P. Secchi* habe sich hier zu dem Schlusse des *post hoc ergo propter hoc* verleiten lassen. Auf die in neuester Zeit von *Reye*[1]) und *Faye*[2]) aufgestellte Cyclonen-Theorie der Sonnenflecke hier näher einzugehen, glaube ich gegenwärtig verzichten zu können, nachdem bei der lebhaften Discussion dieser Anschauungen in der Pariser Akademie von *P. Secchi* und *Tacchini* die Widersprüche hervorgehoben worden sind, in welche diese Theorie mit einfachen Thatsachen der Beobachtung tritt. Ich erlaube

---

1) Die Wirbelstürme, Tornado's und Wettersäulen in der Erd-Atmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre, dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. *Theodor Reye*, ord. Professor a. d. Universität Strassburg. Hannover 1872.

2) Comptes rendus, T. LXXV. p. 1664.

mir, an die Vertreter dieser Theorie, ohne hier die physikalischen Bedenken derselben zu discutiren, mit den Worten *Tacchini's* die Frage zu richten:

»*En présence d'observations si claires, si indépendantes d'hypothèses ou d'idées préconçues, est-il possible d'accepter la théorie qui fait des cyclones la cause unique des taches solaires?*« [1])

Uebrigens bin ich Herrn Prof. *Reye* zu Dank verpflichtet, dass er p. 177 seiner Schrift einen Fehler verbessert hat, den ich mir in meiner Abhandlung »Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten« (p. 91) bezüglich der Verwandlung der Sonnenflecken in Streifen, nach Analogie der auf Jupiter und Saturn beobachteten Streifenbildung wolkenartiger Producte, habe zu Schulden kommen lassen. Aus der von mir in derselben Abhandlung mitgetheilten Tabelle von *Carrington* ist unmittelbar ersichtlich, dass der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeiten zweier Puncte der Sonnenoberfläche, deren heliographische Breiten um 1° verschieden sind, im Durchschnitt nicht 1.6 Grad (wie irrthümlich von mir angegeben), sondern 1.6 Minuten beträgt.

Wenn ich am Schlusse dieser Betrachtungen noch einmal die seit dem Jahre 1865 von mir unverändert vertretene Ansicht von der Natur der Sonnenflecke als schlackenartiger, durch Ausstrahlung auf der glühendflüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers entstandener Abkühlungsproducte [2]) recapitulire, so geschieht dies nur deshalb, um zu zeigen, wie einfach sich bei Annahme derselben alle diejenigen Erscheinungen erklären lassen, durch welche sich die Gegner dieser Theorie bisher zu einer fortdauernden Modification ihrer Anschauungen genöthigt sahen.

Als möglichst kurzen Ausdruck der wesentlichen Gesichtspuncte meiner Theorie wähle ich die im Jahre 1869 in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft [3]) gegebene Darstellung, und erlaube mir dieselbe hier wörtlich zu reproduciren:

---

1) Comptes rendus, T. LXXVI, p. 827.

2) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865, p. 246 ff.

3) IV. Jahrgang. Heft 3, p. 165—179.

»Die Schlackenmassen besitzen als Abkühlungsproducte eine beträchtlich geringere Temperatur als die sie allseitig umgebende glühendflüssige Masse der leuchtenden Sonnenoberfläche. Die hierdurch bedingten Temperaturunterschiede müssen in der darüber befindlichen elastischflüssigen Sonnenatmosphäre Strömungen erzeugen, analog den Land- und Seewinden auf unserer Erde, wie sie durch Temperaturverschiedenheit von Land und Meer an den Küsten der Inseln erfahrungsmässig festgestellt sind. Es müssen sich also längs der Küste einer Schlackeninsel auf der Sonnenoberfläche Winde entwickeln, welche im Allgemeinen senkrecht gegen diese Küste gerichtet sind, nur werden diese Strömungen in dem unteren Theile der Atmosphäre vom Innern der Insel nach aussen, im oberen, d. i. in dem uns zugekehrten und sichtbaren Theile, von aussen nach dem Innern gerichtet sein. Es müssen also an den Grenzen einer Schlackenmasse auf der Sonnenoberfläche Wirbelwinde entstehen, deren Rotationsaxe horizontal den Contouren der Schlackenmasse folgt und durch diese bestimmt wird.

In den über der Schlackenmasse befindlichen Theilen der Sonnenatmosphäre müssen sich wegen der geringeren Strahlung nothwendig Condensationsproducte bilden, die bei ihrer wolkenartigen Natur der Form und Gestaltung nach wesentlich durch die nach dem Centrum gerichteten Strömungen der Atmosphäre bedingt sein werden. Ist nun die der niedrigeren Temperatur über der Schlacke entsprechende Spannkraft der Dämpfe erreicht, was offenbar mit Annäherung der bewegten Theile der Atmosphäre nach dem Centrum der Inseln in steigendem Maasse der Fall sein wird, so fällt die Ursache fernerer Trübungen fort, und wir erblicken durch den gelichteten und zerrissenen Wolkenschleier die darunter befindliche Schlackeninsel als Kernfleck.

Die Grenzen dieser Insel werden also nach dieser Theorie noch von den Penumbren verdeckt, welche die uns sichtbar werdenden wolkenartigen Producte der Abkühlung der Sonnenatmosphäre über einer Schlackenmasse sind. Hiernach müssen die über dem Kernfleck befindlichen Theile der Sonnenatmosphäre als mit Dämpfen erfüllte Massen von solcher Spannkraft betrachtet werden, wie sie der niedrigeren Tempe-

ratur über der Schlackeninsel entspricht. Hierdurch erklärt sich mit Rücksicht auf den im letzten Hefte beschriebenen Versuch[1]), die Verbreiterung der dunklen Spectrallinien, wo sie einen Sonnenfleck durchschneiden. — Ob wir durch die zerrissene Wolkendecke direct auf die Schlacken oder auf eine unmittelbar über denselben gelagerte Wolken- oder Nebelmasse sehen, welche demgemäss kühler und niedriger als die Penumbrawolke sein muss, mag zunächst, als für die Erklärung der wesentlichen Erscheinungen bedeutungslos, dahingestellt bleiben.[2])

Aus der Natur der besprochenen Wirbelwinde geht nun ferner hervor, dass nach dem Centrum eines Sonnenflecken ein absteigender, an den äussern Rändern der Penumbra dagegen ein aufsteigender Strom in der Atmosphäre stattfindet. Hieraus folgt, dass der innere Rand der Penumbra tiefer als der äussere liegen, und daher das ganze, uns als Penumbra erscheinende,

1) Es ist dies der bereits von *Kirchhoff* im Jahre 1860 beschriebene Versuch (Poggendorff's Annalen, Bd. CIX, p. 297), durch welchen gezeigt wird, dass die geringe Menge von glühendem Natriumdampf in dem Mantel einer Weingeistflamme, vermöge ihrer niedrigen Temperatur im Stande ist, die Natronlinien im Sonnenspectrum zu verbreitern und dunkler zu machen, wenn die Sonnenstrahlen durch jene Flammen geleitet worden sind. *Kirchhoff* bemerkt hierzu: »Es hat im ersten Augenblicke etwas Befremdendes, dass das Natrium in der kleinen Flamme die Wirkung noch merklich verstärken kann, welche das Natrium in der ungeheuren Sonnenatmosphäre auf die Lichtstrahlen ausgeübt hat. Das Befremdende verschwindet aber, wenn man erwägt, dass die Helligkeit der Linien *D* im Sonnenspectrum durch die Temperatur der Sonnenatmosphäre, vornehmlich ihrer äusseren Schichten, bedingt ist, und dass die Temperatur dieser sicher sehr viel grösser, als die einer Leuchtgasflamme ist.« Man sieht hieraus, dass die Verbreiterung und Verdunkelung einiger Metall-Linien im Spectrum der Sonnenflecke nicht als ein Beweis für die grössere Quantität absorbirender Dämpfe an diesen Stellen betrachtet werden darf, sondern zunächst nur für die Existenz einer niedrigeren Temperatur der absorbirenden Gasschichten.

2) Es ist wohl selbstverständlich, dass man sich den Blick auf die Schlackenmasse des Kernfleckes nicht als einen so ungestörten und directen vorstellen darf, wie z. B. denjenigen auf die Mondoberfläche. Bei der dampfreichen Atmosphäre der Sonne und der immer noch sehr hohen Temperatur abgekühlter Schlacken, wird man es als unzweifelhaft betrachten dürfen, dass unsere Blicke nicht direct auf die feste Masse des Kernfleckes, sondern auf die über demselben condensirten Dämpfe fallen.

Wolkengebilde konisch oder trichterförmig nach der Mitte des Kernflecks vertieft sein muss.

Hierdurch erklärt sich die beobachtete Verbreiterung der Penumbra nach dem Sonnenrande in bekannter Weise als ein Phänomen der Perspective. Ebenso findet die eigenthümliche, radiale Schattirung der Penumbra durch die Richtung der vorhandenen Atmosphärenströmung ihre Erklärung.

Sind die erwähnten Wirbelstürme kräftig genug, um die gegenwärtig mit dem Namen der Chromosphäre belegte Schicht bis in höhere Regionen emporzureissen, so werden uns diese Theile als Protuberanzen erscheinen. Mit Rücksicht auf die oben besprochene Bewegungsrichtung der Wirbel folgt, dass solche aufwärtssteigende Ströme an dem äusseren Rande der Penumbra liegen müssen und dieser Umstand erklärt sowohl den Zusammenhang der Protuberanzen mit den Sonnenflecken als auch die in der Nähe der Penumbra beobachteten stärkeren Lichtprozesse.«

Als Ergänzung zu diesen Erklärungen erlaube ich mir gegenwärtig nur noch Folgendes hinzuzufügen.

Den entwickelten Anschauungen gemäss repräsentirt der von der Penumbra auf der Sonnenscheibe occupirte Raum das Circulations-Gebiet derjenigen Strömungen, welche durch die Temperaturverschiedenheit zwischen der kühleren Schlackenmasse und den sie umgebenden, glühend-flüssigen Theilen der Sonnenoberfläche in der darüber liegenden Atmosphäre erzeugt werden. Die unteren, von der Mitte des Kernfleckes centrifugal gerichteten Strömungen müssen als abgekühlte Massen die Temperatur der von ihnen bespülten Theile der Sonnenoberfläche erniedrigen. Mit Berücksichtigung des entgegengesetzt fliessenden Oberstromes blicken wir also bei der Penumbra durch relativ heissere auf relativ kühlere Gasschichten, so dass durch die Lücken der oberen Condensationswolken in der Penumbra ein etwas dunklerer Hintergrund als an den übrigen Stellen der Sonnenoberfläche sichtbar wird. Hierdurch erklärt sich sowohl die geringere Helligkeit der Penumbra im Allgemeinen als auch die öfter auf ihr und an ihren Grenzen beobachtete Veränderung (resp. Umkehr) des Helligkeitsverhältnisses von Spectrallinien. Eine genauere Begründung dieser Erscheinung ergiebt sich aus dem oben citirten Versuch

Kirchhoff's und den bei Beschreibung desselben ausführlich erörterten Ursachen, durch welche die relative Helligkeit der Spectrallinien bestimmt wird. Gleichzeitig wird aber auch durch diese Anschauung von der Beschaffenheit und den physischen Ursachen der Penumbra die relativ starke Veränderlichkeit ihrer Grenzen erklärlich.

8.

Es seien mir hier noch einige Bemerkungen über die Temperaturbestimmung glühender Körper im Allgemeinen gestattet. Nach dem *Kirchhoff*'schen Satze [1]) ist das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen E und dem Absorptionsvermögen A eine für alle Körper gleiche Function der Temperatur t und Wellenlänge λ, so dass man unabhängig von der besonderen Beschaffenheit der Körper die folgende Beziehung hat:

$$\frac{E}{A} = J_{\lambda t}$$

Ist der Körper ein undurchsichtiger, so dass $A = 1$ gesetzt werden kann, so ist:

$$E = J_{\lambda t}$$

Bezüglich dieser bis jetzt noch unbekannten Function bemerkt *Kirchhoff* a. a. O. p. 292 Folgendes:

»Es ist eine Aufgabe von hoher Wichtigkeit, diese Function zu finden. Der experimentellen Bestimmung derselben stehen grosse Schwierigkeiten im Wege; trotzdem scheint die Hoffnung gegründet, sie durch Versuche ermitteln zu können, da sie unzweifelhaft von einfacher Form ist, wie alle Functionen es sind, die nicht von den Eigenschaften einzelner Körper abhängen, und die man bisher kennen gelernt hat. Erst wenn diese Aufgabe gelöst ist, wird die ganze Fruchtbarkeit des bewiesenen Satzes sich zeigen können.«

In meiner Inauguraldissertation [2]), die kurz vor der Arbeit *Kirchhoff*'s erschien und auszugsweise in dem gleichen Bande

1) Poggendorff's Annalen CIX, p. 291 ff.

2) Photometrische Untersuchungen, insbesondere über die Lichtentwickelung gluhender Platindrähte. Basel 1859.

von *Poggendorff*'s Annalen[1]) publicirt ist, habe ich die Lichtemission von galvanisch glühenden Platindrähten photometrisch bestimmt, und gleichzeitig hierbei durch Beobachtung des Widerstandes und der Stromstärke die Wärmemengen gemessen, welche bei jedem Werthe der Lichtemission in den Drähten entwickelt wurden. Die von den Drähten ausgesandte Strahlenmenge wurde durch Anwendung eines rothen und grünen Glases in zwei Gruppen getheilt und die Intensitätsveränderungen einer jeden gesondert bestimmt. Das rothe Glas verschluckte alle Strahlen vom violetten Ende des Spectrums bis zur Linie *D*, das grüne Glas dagegen liess gerade diese Strahlen hindurch und absorbirte die Strahlen vom rothen Ende des Spectrums bis zu jener Linie. Es waren demnach für die angewandten Intensitäten beide Gläser nahezu complementär, obschon in verschiedenem Grade homogen.

Dennoch hielt ich es bei dem grossen Interesse, welches sich nach dem oben Bemerkten gegenwärtig an die Kenntniss der Beziehung zwischen der Temperatur und Lichtemission eines glühenden Körpers knüpft, der Mühe nicht unwerth, zu untersuchen, ob zwischen den von mir beobachteten Lichtentwickelungen der galvanisch glühenden Platindrähte und den in ihnen entwickelten Wärmemengen eine einfache Relation bestehe.

Ich erlaube mir hier zunächst die der Tab. III. in der erwähnten Abhandlung (Pogg. Ann. CIX, p. 267) entnommenen Beobachtungsdaten mitzutheilen, indem ich gleichzeitig bezüglich genauerer Angaben über Anstellung der Versuche auf jene Arbeit verweise.

Die zu Grunde gelegten Einheiten und ihr Verhältniss in den Lichtmengen für rothes Licht (J_ϱ) und grünes Licht (J_χ) sind unbekannt. Den Anordnungen der Beobachtungen gemäss wurde die Intensität des galvanischen Stromes jederzeit so regulirt, dass bei den verschiedenen Drähten die ausgesandten Lichtmengen dieselben waren. Die hierbei entwickelten Wärmemengen differirten nach Maassgabe der verschiedenen Dicken der angewandten Drähte.

Der eine Draht No. I hatte eine Dicke von 0.178 Millim., der andere No. IV eine Dicke von 0.1035 Millim. Die ent-

1) Bd. CIX, p. 244—275.

wickelten Wärmemengen wurden durch das Product des Widerstandes in das Quadrat der Stromstärke gemessen.

No.	Lichtmengen. J_ϱ (Roth)	J_χ (Grün)	Wärmemengen. $w_{\rm I}$ (Draht I)	$w_{\rm IV}$ (Draht IV)
1.	301	78	4.494	5.000
2.	670	174	5.011	5.387
3.	1170	409	5.413	5.948
4.	2500	831	5.984	6.345
5.	4132	1611	6.502	6.947
6.	5868	2450	6.600	7.338
7.	7500	3290	6.768	7.469
8.	8830	4333	6.908	7.601

Ein Blick auf diese Werthe lässt sofort erkennen, dass zwischen der Licht- und Wärmeentwickelung in den Drähten keine Proportionalität stattfindet, sondern dass die Lichtemission in einem sehr viel schnelleren Verhältniss als die sie erzeugende Wärmemenge zunimmt. Ich setzte daher

$$J = a \,.\, e^{cw}$$

und nahm bei einem vorläufigen Versuche für beide Strahlengruppen $a = 1$ an, so dass unter dieser Voraussetzung:

$$\frac{\log J}{w} = \text{const.}$$

Die folgende Tafel enthält die Werthe dieses Quotienten für jeden Draht und für die beiden verschiedenen Strahlenklassen.

No.	Rothes Licht. $\frac{\log J_\varrho}{w_{\rm I}}$	$\frac{\log J_\varrho}{w_{\rm IV}}$	Grünes Licht. $\frac{\log J_\chi}{w_{\rm I}}$	$\frac{\log J_\chi}{w_{\rm IV}}$
1.	0.5717	0.5054	0.4210	0.3784
2.	0.5653	0.5249	0.4470	0.4158
3.	0.5669	0.5158	0.4815	0.4391
4.	0.5678	0.5356	0.4880	0.4603
5.	0.5562	0.5205	0.4933	0.4616
6.	0.5709	0.5135	0.5136	0.4619
7.	0.5725	0.5188	0.5197	0.4709
8.	0.5714	0.5192	0.5265	0.5784

Es ergiebt sich hieraus, dass für die homogeneren, rothen Strahlen in der That die Constanz des fraglichen Verhältnisses mit hinreichender Genauigkeit stattfindet. Dass hierbei der Werth der Constanten a nahe mit der Einheit der willkürlich zu Grunde gelegten Lichteinheit übereinstimmt, ist offenbar ein rein zufälliger Umstand. Ohne aber hier auf eine genauere Bestimmung der Constanten der hypothetischen Function näher eingehen zu wollen, mag bezüglich der weniger homogenen grünen Strahlen kurz noch Folgendes bemerkt werden.

Gesetzt, es bestände für Strahlen von derselben Wellenlänge zwischen der in einem Körper entwickelten Wärmemenge und seinem Emissionsvermögen allgemein die angenommene Beziehung:

$$J = a \cdot e^{cw}$$

so ist klar, dass für eine Strahlenmasse, welche nicht homogen ist, sondern, wie die durch das grüne Glas hindurchgehende bei steigender Temperatur stets neue Strahlen von geringerer Wellenlänge in sich aufnimmt, auch die Grösse c keine Constante sein kann. Dieselbe wird vielmehr mit steigendem Werthe von w wachsen müssen, entsprechend einer stärkeren Zunahme der ausgestrahlten Gesammtlichtmenge. Eine solche stetige Zunahme zeigt sich nun in der That in den obigen Werthen des Verhältnisses $\frac{\log J_\chi}{w}$ für grünes Licht.

Ist man bei den vorliegenden Beobachtungen berechtigt, die von *Pouillet* beobachteten geringen Veränderungen der specifischen Wärme des Platins bei hohen Temperaturen zu vernachlässigen, so sind die beobachteten Veränderungen der entwickelten Wärmemengen proportional den Temperaturveränderungen der Drähte. Die Beziehung zwischen dem Emissionsvermögen eines Körpers und seiner Temperatur für homogene Strahlen würde dann also durch eine analoge Function dargestellt werden können und hierdurch die experimentelle Bestimmung der *Kirchhoff*'schen Function auf dem angedeuteten Wege wenigstens in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur angebahnt sein.

Für practische Zwecke der Temperaturbestimmung undurchsichtiger, glühender Körper auf optischem Wege wäre jedoch eine theoretische Kenntniss jener Function nicht einmal erforderlich;

es würde genügen für einige Strahlengattungen an möglichst verschiedenen Stellen des Spectrums die betreffenden Constanten zu bestimmen, durch welche die Lichtemission als Exponentialfunction mit der Temperatur des glühenden Körpers in Verbindung steht. Da diese Function für alle undurchsichtigen, schwarzen Körper, unabhängig von ihrer sonstigen Beschaffenheit, dieselbe sein muss, so wäre nur die photometrische Vergleichung der betreffenden Stelle des Spectrums mit der analogen Stelle eines anderen undurchsichtigen Körpers von bekannter Temperatur erforderlich, um aus dem beobachteten Intensitätsverhältniss mit Hülfe jener Function die unbekannte Temperatur des zweiten Körpers abzuleiten.

Um eine bestimmte Vorstellung von dem hierbei einzuschlagenden Verfahren zu geben, denke man sich folgende Anordnung des Apparates. Vor dem Spalte eines Spectroskopes seien zwei rechtwinklige Reflexionsprismen derartig befestigt, dass die Reflexionsflächen nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind, so dass die Strahlen zweier verschiedenen Lichtquellen, die sich zu beiden Seiten des Spectroskopes befinden, in zwei neben einander liegende Spectra ausgebreitet werden. Die eine dieser Lichtquellen sei ein galvanisch glühendes Platinblech, für welches in ähnlicher Weise wie bei den oben beschriebenen Versuchen für eine bestimmte Strahlengattung empirisch die Constante der Lichtemissionsfunction bestimmt ist. Einige directe calorimetrische Bestimmungen der Temperatur bei verschiedenen Graden des Glühens würden, unter den gegebenen Bedingungen und für eine erste Annäherung, zur Begründung der fraglichen Methode ohne Schwierigkeiten ausgeführt werden können. Wird nun die andere Hälfte des Spaltes durch einen undurchsichtigen glühenden Körper von hinreichender Ausdehnung erleuchtet, so dass die scheinbare Fläche die ganze Oeffnung des Spaltes erfüllt, so würde das photometrisch bestimmte Intensitätsverhältniss beider Spectra an der betreffenden Stelle mit Hülfe der für das Platinblech ermittelten Function unmittelbar die Temperatur des zweiten Körpers bestimmen. Zur photometrischen Variation der Lichtmengen würde sich das Polarisationsprincip eignen. Man könnte zu diesem Zwecke die Strahlen einer jeden der zu vergleichenden Lichtquellen vor ihrem Eintritt in die Reflexionsprismen durch Nicol'sche Prismen gehen lassen, deren Schnitte senkrecht zu

einander stehen, so dass die beiden Spectra im Gesichtsfelde des Spectroskopes aus senkrecht zu einander polarisirtem Lichte bestehen. Ein im Oculare des Spectroskopes angebrachtes Nicol'sches Prisma verändert dann nach dem bekannten Gesetze das Intensitätsverhältniss der beiden Spectra proportional dem Quadrate der Tangente des Drehungswinkels. Die angedeutete Methode ist jedoch nur unter solchen Bedingungen anwendbar, wo gleich grosse scheinbare Flächenstücke der zu vergleichenden Körper ihr Licht in das Spectroskop senden, und ausserdem die Strahlen beider Körper bis zu ihrem Eintritt in den Spalt des Spectroskopes keine verschiedene Absorption erleiden. Der ersten Bedingung kann, wie schon bemerkt, durch eine hinreichende scheinbare Grösse der Körper genügt werden, die zweite Bedingung dagegen wird im Allgemeinen nur für irdische Körper realisirbar sein, indem das Licht der Himmelskörper erst nach Verlust des von der Atmosphäre absorbirten Lichtes zu unseren Apparaten dringt, und mit Ausnahme des Sonnenlichtes von Objecten mit verschwindend kleiner scheinbarer Grösse ausgestrahlt wird.

Zur Beseitigung dieser Beschränkung der angedeuteten Methode sei kurz Folgendes bemerkt. Gesetzt es befänden sich im Gesichtsfelde des oben erwähnten Apparates zwei Spectra nebeneinander, deren Licht von Körpern ausgesandt wird, welche sich in verschiedener Entfernung befinden und deren Strahlen auf ihrem Wege zum Spectroskop verschiedene Absorption erleiden. So lange die letztere nicht electiver Natur ist, d. h. also durch farbige durchsichtige Medien bewirkt wird, kann durch die angedeuteten Umstände das Intensitätsverhältniss homologer Theile der beiden Spectra für alle Strahlengattungen nur um dieselbe Grösse geändert werden. Schwächt man daher in dem erwähnten Apparate das hellere Spectrum so weit ab, dass die Helligkeit einer beliebigen Strahlengattung mit der homologen des anderen Spectrums übereinstimmt, so müssen, falls die beiden Körper gleiche Temperatur besitzen, auch alle übrigen homologen Theile photometrisch mit einander übereinstimmen. Ist die Temperatur verschieden, so findet diese Uebereinstimmung nicht statt, sondern wenn die beiden Spectra für eine bestimmte Strahlengattung (z. B. für die der Linie *D* entsprechende) photometrisch gleich gemacht worden sind, werden im Allgemeinen die stärker brechbaren Strahlen des dem

heisseren Körper angehörigen Spectrums über die homologen des kühleren prävaliren. Die Intensitätsverhältnisse, welche hierbei stattfinden, sind Functionen der Temperatur, welche sich aus der *Kirchhoff*'schen Function ergeben müssen. Aber auch schon ohne Kenntniss der letzteren würde diese Methode auf Sterne angewandt uns gestatten, die Temperaturverhältnisse derselben wenigstens qualitativ zu bestimmen, d. h. zu entscheiden, welcher von zwei Sternen eine höhere Temperatur besitzt. Ich habe mit Hülfe meines Astrophotometers, vor dessen Ocular ein kleines Prisma à vision directe angebracht war, einige Versuche dieser Art angestellt und mich im Allgemeinen von der Ausführbarkeit der Methode überzeugt.[1]) Es ist übrigens auch schon ohne Anwendung photometrischer Methoden allen Beobachtern von Sternspectren bekannt, dass bei den weissen Sternen im Allgemeinen die stärker brechbaren Theile des Spectrums viel intensiver als bei gelben und rothen Sternen hervortreten. Die Temperatur jener Sterne muss demgemäss im Allgemeinen auch eine höhere als die der gelben und rothen Sterne sein. Wenn man hiermit die merkwürdige, von *P. Secchi* gemachte Beobachtung in Verbindung bringt, dass die verschiedenen Typen der Sternspectra nicht gleichmässig unter den Sternen vertheilt sind, sondern in gewissen Gegenden des Himmels der eine oder andere Typus prävalirt, so würde dies auf entsprechende Unterschiede des Abkühlungsstadiums dieser Gebiete unseres Fixsternsystems, und bei gleicher Entstehungszeit seiner consolidirten Massen, auf eine Grössenverschiedenheit der letzteren schliessen lassen.

9.

Wenn das oben für glühende Platindrähte näherungsweise gefundene Gesetz der Lichtemission seiner Form nach ein allgemeines wäre und mit der *Kirchhoff*'schen Function J für undurchsichtige, schwarze Körper übereinstimmte, so müsste dasselbe auch auf Wärmestrahlen angewandt werden können.

Dass zwischen der Wärmestrahlung eines Körpers und seiner Temperatur keine Proportionalität stattfindet, habe ich bereits früher gelegentlich einer Kritik der von *P. Secchi*

1) *Vierordt* hat bereits Vorschläge zur photometrischen Vergleichung von Stern-Spectren gemacht. Vergl. Astron. Nachr. (1871) Nr. 1863, p. 237.

zur Temperaturbestimmung der Sonne angewandten Methode hervorgehoben.[1])

Hr. *Soret*[2]) hat vor Kurzem durch interessante Versuche nachgewiesen, dass in der That die Wärmestrahlung eines Körpers viel schneller als seine Temperatur wächst, und dass somit die von *P. Secchi* bei seiner actinometrischen Temperaturbestimmung der Sonne gemachte Voraussetzung: »*La radiation d'un corps est proportionelle à sa température*«[3]) eine unzulässige war.

Hr. *Soret* versetzte eine Zirkon-Platte durch ein Knallgasgebläse in lebhaftes Glühen und bestimmte die dabei stattfindende Wärmestrahlung mit Hülfe desselben Actinometers, welches ihm zur Messung der Sonnenstrahlung gedient hatte. Unter Voraussetzung des von *P. Secchi* bei der Sonne angewandten Proportionalitätsgesetzes ergab sich für die Temperatur der glühenden Zirkonscheibe ein Werth von 45990° C., während in Wirklichkeit ihre Temperatur nicht mehr als 2500° betragen konnte.

Die auf *P. Secchi's* Formel bezüglichen Worte des Hrn. *Soret* (a. a. O. 228) sind folgende:

»*En employant cette formule, et en partant de la valeur de $t - \theta$, que j'avais obtenue au sommet du Mont-Blanc, le Rev. P. Secchi était arrivé au chiffre $T = 5335000^0$.*[4])

Pour contrôler l'exactitude de ce raisonnement, appliquons-le à la détermination de la température de la zircone chauffée à la lampe oxyhydrique. On aura:

$$0^0{,}25 = \frac{T}{183960}$$

d'ou:

$$T = 45990^0$$

chiffre qui est absolument inadmissible, car la température d'un corps chauffé à la flamme oxyhydrique est tout au plus de 2500°.«

Es wäre also bei diesem Experimente die wirkliche Temperatur des glühenden Körpers ungefähr 20 Mal grösser als die

1) Diese Berichte 1871 (11. Febr.), p. 50.
2) Archives de Genève. T. 44, p. 220—229. 1872.
3) *Secchi*, Le Soleil. Paris 1870, p. 265.
4) Die von *P. Secchi* für die Oberfläche der Sonne berechnete Temperatur.

theoretisch nach dem Proportionalitätsgesetz berechnete. Lägen ähnliche Versuche bei anderen Temperaturen der erhitzten Zirkonscheibe vor, so wäre man im Stande, näherungsweise die Curve zu construiren, nach welcher die Wärmeausstrahlung des glühenden Körpers mit seiner Temperatur wächst. Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass hier nicht homogene sondern gemischte Strahlen zur Wirkung gelangen, würde analog der oben für die weniger homogenen Strahlen des glühenden Platindrahtes gefundenen Beziehung, die Curve bei steigender Temperatur fortdauernd schneller als für homogene Strahlen ansteigen. Ganz abgesehen von dem Character einer Exponentialfunction würde man im vorliegenden Falle jedenfalls zu der Annahme berechtigt sein, dass das Verhältniss der nach dem Proportionalitätsgesetze von *P. Secchi* gefundenen Temperatur der Sonne zur wahren Temperatur der Sonnenoberfläche in einem grösseren Verhältniss stände, als dies von Hrn. *Soret* für das Verhältniss der ebenso berechneten Temperatur der glühenden Zirkonscheibe zu ihrer wahren Temperatur gefunden wurde.

Nimmt man dieses Verhältniss, den obigen Werthen entsprechend, in runder Summe zu 20 an, so würde sich ergeben, dass die mittlere Temperatur der Oberfläche der Sonne jedenfalls niedriger als 267000° C. sein müsste. Selbstverständlich schliesst dies nicht höhere Temperaturen in grösseren Tiefen des Sonnenkörpers aus. Nach einer bereits gegebenen Berichtigung[1] zu p. 105 meiner früheren Abhandlung würde sich z. B. in einer Tiefe von etwa $^1/_{40}$ des Sonnenradius unterhalb der Sonnenoberfläche eine Minimaltemperatur von ungefähr einer Million Gr. ergeben. Zum Schlusse dieser Abhandlung erlaube ich mir übrigens die bereits a. a. O. über Temperaturbestimmungen der Sonne gemachte allgemeine Bemerkung zu wiederholen, nämlich »dass es sich bei der grossen Ungenauigkeit der zu diesen Berechnungen nothwendigen empirischen Daten vorläufig nur darum handeln kann, ganz rohe Näherungswerthe zu erhalten, welche nicht sowohl die fraglichen Temperaturgrössen selbst als vielmehr nur die Ordnung derselben feststellen.«

[1]) Natur der Cometen, p. 490.

(Manuscript der Druckerei übergeben den 10. Mai 1873.)

Dr. H. P. Bowditch, *Ueber die Interferenz des retardirenden und beschleunigenden Herznerven.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede C. *Ludwig.*

Mit 1 Tafel und 4 Holzschnitten.

Nachdem *A. v. Bezold* durch die elektrische Reizung des Rückenmarkes das Herz in eine raschere Schlagfolge versetzt und daraus geschlossen hatte, dass irgendwelche vom Rückenmark zum Herzen gehende Nerven diese Beschleunigung des Rhythmus bewirkten, da erhob sich gegen diese Unterstellung der nahe liegende Einwand, dass der Zusammenhang zwischen der rascheren Pulsfolge und der Reizung des Rückenmarks vielleicht nur ein mittelbarer sei, bedingt durch gleichzeitige Veränderungen des Blutstromes, welche in der That eintreten und von denen es bekannt ist, dass sie auf das Herz zurückzuwirken im Stande sind. Der Zweifel an dem durch *v. Bezold* vorausgesetzten Zusammenhang der Erscheinungen ward jedoch bald nachher beseitigt, da es nahezu gleichzeitig den Brüdern *M.* und *E. Cyon* und *A. v. Bezold* selbst gelang, den fraglichen Nerven aufzufinden. Seitdem dieses geschehen, haben wir die folgenden Nachrichten über die Wirkungen des n. accelerans cordis empfangen.

M. und *E. Cyon* geben an, dass beim Kaninchen und beim Hund durch die isolirte Reizung des genannten Nerven die Schlagfolge des Herzens bis nahe zum Doppelten der vorher vorhandenen gebracht werden könne. Wenn, was zuweilen vorkommt, ein Ansteigen des Blutdrucks während der Reizung eintritt, so steht dieses in keinem nothwendigen Zusammenhang mit der Beschleunigung des Herzschlags.

Nach *v. Bezold* und *Bever*, die ihre Beobachtungen am Kaninchen ausführten, steigt die vor der Reizung vorhandene

Pulszahl in Folge derselben um 25 bis 38 Procent, so dass als Maximum in einer Minute 250 Herzschläge ausgeführt werden. Nach der Unterbrechung der Reizung kann die Beschleunigung des Pulses von 1 bis zu 7 Minuten anhalten, ohne dass es sich angeben liesse, wovon die variable Dauer der Nachwirkung abhinge.

O. Schmiedeberg hat in zwei verschiedenen Abhandlungen über seine Versuche berichtet. In der ersten derselben zeigt er, dass auch dem Frosche ein n. accelerans zukomme. Die Wirkung der Reizung entfaltete sich erst am vierten der Schläge, die seit dem Beginne jener aufgetreten waren. Noch allmäliger wie er erschienen, verschwand der beschleunigte Rhythmus. Denn erst anderthalb Minuten nach dem Aufhören der Reizung (nach 48 Herzschlägen) kam die Pulsfolge auf die frühere Häufigkeit zurück, indem die Anfangs in kürzerer Zeit ablaufenden Pulse allmälig die frühere Dauer wieder annahmen. Die Beschleunigung betrug im Maximum 60 Proc. und es wurde dieselbe gleichmässig durch eine Verkürzung der systolischen wie der diastolischen Zeit bedingt. In seiner zweiten Abhandlung, welche vom n. accelerans des Hundes handelt, giebt *O. Schmiedeberg* zuerst eine genauere Darstellung des Verfahrens, nach welchem man den Nerven, ohne die Brusthöhle zu eröffnen, blosslegen und ihn isolirt den Inductionsströmen preisgeben kann. Durch die Reizung des Nerven wurde die Pulszahl, welche nach Durchschneidung des n. vagi vorhanden gewesen, um 30 bis 70 Proc. vermehrt; auch hier war die Dauer der latenten Reizung und die der Nachwirkung eine sehr bedeutende.

In Folge einer isolirten Reizung des n. accelerans wird zuweilen auch der Druck des arteriellen Blutes gesteigert; geschieht dieses, so kehrt derselbe, unabhängig von den Veränderungen des Herzschlages, unter Schwankungen auf seinen früheren Mittelwerth zurück.

Da die beschleunigenden und die dem vagus angehörigen hemmenden Aeste nach einem ursprünglich getrennten Verlaufe sich in ein Stämmchen vereinigen und gemeinsam zum Herzen treten, so bietet sich die Gelegenheit, die beiden Fasergattungen gleichzeitig und gleich stark zu reizen. Geschah dieses, so trat anfänglich nur die hemmende Wirkung hervor, die mit fortdauernder Reizung und dadurch bewirkter Ermü-

dung des vagus schwächer und schwächer wurde. Nach der Unterbrechung des reizenden Stromes brach dann mit einem Male die volle Wirkung des Beschleunigungsnerven aus. Zu einer ähnlichen Erscheinungsreihe gelangt man, wenn mit starken Strömen einerseits der isolirte n. vagus und andererseits der n. accelerans angegriffen wurde.

Durch die letztern Versuche war also erwiesen, dass die Reize, welche der erregte n. accelerans dem Herzen zuführt, nicht gleichwerthig sind mit mechanischen und elektrischen Angriffen auf beschränkte Abschnitte der Aussenfläche des Herzens. Diese rufen bekanntlich auch während der wirksamsten Erregung des n. vagus noch Pulse hervor; der Punkt, von dem aus sie das Herz angreifen, steht also nicht unter der Herrschaft des n. vagus. Lösen nun, wie man gegenwärtig anzunehmen pflegt, jene äussern Angriffe den Herzschlag auf reflectorischem Wege aus, so würde daraus folgen, dass derjenigen Beschleunigung des Herzschlages, welche der n. accelerans zu bewirken vermag, kein reflectorischer Vorgang zu Grunde liege. — Mit dem Nachweis, dass eine maximale Vagusreizung von dem n. accelerans nicht überwunden werden kann, ist jedoch die Frage nach der Beziehung beider Nerven nicht erschöpft; denn es bleibt zu erörtern, ob bei jedem Verhältniss der beiderseitigen Erregungen die Wirkung des n. vagus voll und unbeirrt hervortritt. Geschähe dieses, so würde man daraus schliessen müssen, dass von den Bedingungen, unter welchen sich die inneren Herzreize entwickeln, der n. vagus einen hinwegzuräumen vermöchte, dessen Entstehung der n. accelerans nicht zu fördern und dessen Mangel er nicht auszugleichen vermöchte. Mit dieser Auskunft würde sich aber auch die Nöthigung einstellen, das Bild um einen Zug zu vermehren, durch welches wir uns gegenwärtig die rhythmische Wiederkehr des inneren Herzreizes versinnlichen. Bis dahin glaubte man mit den einfachsten Mitteln auslangen zu können, unter denen überhaupt eine rhythmische Bewegung entsteht, also z. B. mit dem Zusammenwirken der Geschwindigkeit und der Elastizität, welche sich an den Schwingungen einer Metallfeder betheiligen, oder nach Analogie eines anderen beliebten Beispiels mit dem gleichzeitigen Bestehn des regelmässigen Gewichtzuwachses und der Zähigkeit, welche die Tropfenfolge einer Flüssigkeit aus der engen Mündung einer Röhre regeln,

die auf eine constante Höhe gefüllt ist. Geschähe nun in der That die rhythmische Wiederkehr der Herzreize nach diesem einfachen Schema, so könnten auch die Angriffspunkte des beschleunigenden und des verlangsamenden Nerven nur an diesem liegen, und zwar so, dass beide entweder mit entgegengesetzten Vorzeichen in dasselbe, oder dass sie mit gleichem Vorzeichen in die einander entgegenwirkenden Stücke des rhythmischen Apparates eingriffen. Eine nothwendige Folge dieser Einrichtung würde darin bestehn, dass sich die Wirkungen der beiden Nerven gegenseitig störten, so dass also aus der Reizung beider ein Mittelwerth der Schlagzahlen resultirte, die jeder für sich erregt gegeben haben würde. — Die Feststellung dieser Interferenz lag in meiner Absicht.

Zu den Versuchen verwendete ich Hunde, die mit Curare vergiftet waren. Da ich den n. accelerans nach dem von *O. Schmiedeberg* angegebenen Verfahren der Reizung zugängig machte, so ist es unnöthig, die Operationsweise des Weiteren zu beschreiben. Die Pulse wurden theils mit dem Quecksilber, theils mit dem Federmanometer auf einen Streifen unendlichen Papieres aufgeschrieben. Hierdurch gewinnt man allerdings den Vortheil einer fortlaufenden Beobachtung, aber das Abzählen der Zeiten erweist sich als eine mühselige Arbeit. Um diese letztere wenigstens einigermassen abzukürzen, habe ich den Apparat, welcher die Secunden auf den Papierstreifen niederschreibt, mit einer Einrichtung versehen, durch welche jeder fünfte und wenn man will auch jeder zehnte Strich vor den übrigen durch seine Länge ausgezeichnet ist. Die folgenden Holzschnitte 1 und 2 versinnlichen dieselbe. Bei der Beschreibung der gezeichneten Einrichtung setze ich die Bekanntschaft mit dem gewöhnlichen Zeitmerker voraus, welcher aus einem Elektromagneten besteht, vor dessen Eisenkernen sich ein Anker um eine Horizontalaxe dreht, und in dessen Stromkreis ein Pendel eingeschaltet ist, das den magnetisirenden Strom in regelmässigem Takte öffnet und schliesst. Der Anker *a*, *a'* hebt und senkt bei seinen Bewegungen die Schreibfeder vermittelst des Stabes *h*, dessen senkrechter Gang durch eine Führung in der Säule *g* gesichert ist. Um nun jedem fünften und zehnten Strich eine grössere Länge zu geben, habe ich auf dem Arme *a'* des Ankers einen beweglichen Haken *b* und einen kleinen Zapfen *c*, auf der Säule *g* dagegen eine horizontale Achse anbringen lassen, um

welche sich die Scheibe *e* und das mit ihr verschraubte Zahnrad *d* bewegen. Der Haken *b* fällt beim Niedergang des Armes *a'* in das Zahnrad und schiebt es dadurch weiter. Der Zapfen *c*

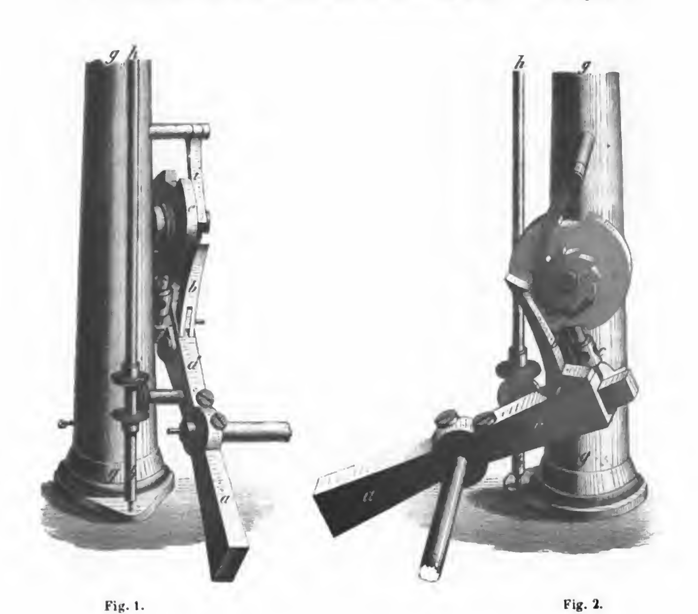


Fig. 1. Fig. 2.

stemmt sich beim Aufgang des Armes *a'* gegen den Rand der Scheibe *e* und bestimmt hierdurch die Excursionen desselben. Da das Zahnrad *d* zehnmal eingeschnitten ist, so rückt bei jedem Ankerschlag dieses und mit ihm die Scheibe *e* um 0.1 ihres Umfangs weiter; weil aber der Rand der Scheibe *e* dem fünften und dem zehnten Zahne gegenüber einen Ausschnitt besitzt, so wird auch der Zapfen *c* für je einen vollen Umgang der Scheibe zweimal dem Arme *a'* eine grössere Ausweichung gestatten, wodurch der Stab *h* beziehungsweise die an seinem obern (hier fehlenden) Ende sitzende Feder höher als sonst gehoben wird.

Für den Sachverständigen wird es kaum nöthig sein zu bemerken, dass der Sperrhaken *i* das Rad verhindern soll, in einem andern Sinne als in dem zu laufen, nach welchem es durch den Haken *b* gezogen wird.

Nach dieser Einleitung gehe ich zur Darstellung der Ergebnisse über, welche meine Versuche geliefert haben. An den Beginn derselben stelle ich die Folgen, welche die Tetanisirung des wohl isolirten n. accelerans nach sich zieht. Obwohl es nicht in meiner Absicht lag, die Erscheinungen, welche durch die isolirte Reizung des genannten Nerven eintraten, genauer zu studiren, so halte ich es doch für angemessen, auch meine nur beiläufig gewonnenen Erfahrungen mitzutheilen, weil sie immerhin zur Aufklärung der eigenthümlichen Wirkungsweise unseres Nerven einen kleinen Beitrag liefern.

Einen Ueberblick über den Anfall einer Pulsbeschleunigung, wie ihn die maximale Reizung des n. accelerans veranlasst, gewährt die Fig. I auf Tafel 1, welche nach einem Original durchgepausst ist, das von der a. carotis mittelst des Federmanometers niedergeschrieben wurde. Auf der Abscisse x ist die Beobachtungszeit nach Secunden und zugleich die Dauer der Reizung markirt. Die erstern werden durch die fortlaufenden Zahlen angegeben; die letztere ist zwischen den Buchstaben *rr* eigeschlossen, auf welche die Pfeile hinweisen. Rücksichtlich der Ordinaten Y ist zu bemerken, dass ihre Durchschnittspunkte mit der Abscisse, nicht mit der Gleichgewichtslage des Federmanometers zusammentreffen, sondern höher als dieser letztere gelegen sind. Die Höhen der Ordinaten liefern somit kein absolutes, sondern nur ein relatives Maass für die jeweilig vorhandenen Spannungen des Arterienrohres.

Aus dieser Curve ist nun zu ersehen, dass sich in Folge der maximalen Reizung des n. accelerans geändert haben: die Höhe des mittleren Blutdruckes, die Form und die Frequenz der Pulsschläge. Um einen genaueren Einblick in den Verlauf der Schlagfolge zu gewähren, als er aus der Betrachtung der originalen Curve zu gewinnen ist, ist unterhalb der letzteren zwischen o und x eine construirte Häufigkeitscurve gesetzt worden. Um zu dieser zu gelangen, wurde die natürliche Curve in Zeiteinheiten von je zwei Secunden zerlegt, die Zahl der Pulse, welche in jeder derselben vorhanden war, als Ordinate an je ihrem Beginne er-

richtet, und schliesslich die aufeinanderfolgenden Ordinaten durch gerade Linien mit einander verbunden. Die den Höhen entsprechenden Pulszahlen sind zwischen o und x angeschrieben, der Nullpunkt beginnt mit der Schlagzahl 6 für je zwei Secunden.

Wenn nun zuerst die Häufigkeitscurve der Betrachtung unterzogen wird, so wird man gewahren, dass ihr Aufsteigen nicht unmittelbar mit dem Beginn der Reizung, sondern erst einige Zeit nach demselben anfängt (Stadium der latenten Reizung). Alsbald aber steigt sie empor und erreicht unter geringen Schwankungen ihr Maximum. Nachdem sie auf dem letztern kurze Zeit verweilt hat, sinkt sie viel allmäliger als sie emporgegangen wieder auf den Stand herab, der ihr vor dem Beginn der Reizung eigen war.

Bei den zahlreichen Reizungen, die ich vorgenommen, kehrte der beschriebene Gang der Häufigkeitscurve und zwar mit einer solchen Regelmässigkeit wieder, dass es den Anschein gewann, als ob sich aus den Beobachtungen eine genauere Beziehung zwischen der Form der Curve und der Dauer, Stärke und Aufeinanderfolge der Reize ergeben werde. Eine sorgfältige Durchmusterung der einzelnen Fälle hat jedoch diese Hoffnung nicht bestätigt. Um aber zukünftigen Beobachtungen nicht vorzugreifen, bemerke ich noch einmal, dass meine Versuche auch gar nicht in der Absicht angestellt waren, um über die beregten Abhängigkeitsverhältnisse Aufschluss zu erhalten. Vielleicht lässt sich durch eine sorgfältige Abstufung der Reize mehr als das ermitteln, was ich im Folgenden mitgetheilt habe.

In meinen Beobachtungen änderte sich und zwar unabhängig von der Stärke der Inductionsströme der Zeitraum der latenten Reizung von Fall zu Fall sehr bedeutend. Er schwankte von 1 bis zu 22 Secunden und dieses geschah nicht bloss an verschiedenen, sondern auch an demselben Thiere. Die einzige Andeutung einer Gesetzmässigkeit bestand darin, dass der Zeitraum der latenten Reizung kürzer wird, wenn ein zweiter Reiz auf einen vorhergegangenen früher folgt, bevor noch die Beschleunigung der Pulse, die er hervorgerufen, verschwunden ist.

Die Höhe des Gipfels, welchen die Häufigkeitscurve erreicht, oder mit anderen Worten, der maximale Werth, welchen die Zahl der Pulsschläge in der Zeiteinheit gewinnt, ist an demselben Thiere in engen Grenzen unverkennbar von der

Stärke des Reizes bez. von dem Ermüdungsgrade des Nerven abhängig. Sehr ungleich gestaltet sich dagegen der genannte Werth bei verschiedenen Thieren, wie dieses aus der Zusammenstellung der folgenden neun Fälle hervorgeht, in welchen jedesmal der Nerv mit maximalen Strömen gereizt wurde.

Nr. des Versuchs.	Pulszahl in zwei Secunden vor der Reizung.	im Maxim. nach der Reizung.
B.	3	6,5
G.	3	4,5
H.	4,5	8,5
E.	4,5	9,5
I.	5	7,5
K.	5	7,5
J.	6	8,5
D.	6	11
F.	9	10

Hieraus geht denn auch namentlich hervor, dass das Maximum, auf welches die Schlagzahl gebracht werden kann, in keiner Beziehung zu derjenigen steht, die das Herz vor der Reizung ausführte. — Ueber die Zeit, in welcher das Herz auf dem Maximum seiner Schlagzahlen verharrt, gilt jedoch ausnahmslos die Regel, dass sie eine verhältnissmässig kurze ist. Wenige Fälle ausgenommen sinkt die Häufigkeitscurve, nachdem sie zwei bis sechs Secunden auf ihrem Gipfel verweilte, schon wieder ab.

Auch aus dem absinkenden Schenkel der Häufigkeitscurven, die in verschiedenen Reizungen an demselben Thiere gewonnen sind, lassen sich nur wenige Andeutungen einer Gesetzmässigkeit herauslesen. Zu diesen gehört die Erscheinung, dass die Schlagzahl, wenn sie auf den Werth, welchen sie vor der Reizung besass, herabgegangen ist, nicht auf ihm beharrt, sondern noch einmal vorübergehend emporgeht, ja dass sie diesen Wechsel noch öfter wiederholt, bevor sie dauernd auf dem ursprünglichen Werthe verbleibt. — Ausser dieser scheint auch noch die andere Regel zu gelten, dass der absinkende Schenkel um so früher den Stand der Pulszahl vor der Reizung erreicht,

je weniger hoch der Gipfel gewesen, auf welchen sich die Häufigkeitscurve emporgeschwungen.

Zur vollständigen Charakteristik der beschleunigenden Wirkungen des n. accelerans gehört noch die Angabe, wie gross der Zuwachs an Herzschlägen während der ganzen Dauer einer Erregungswelle gewesen ist, oder, anders ausgedrückt, wie viel Schläge das Herz während seines Durchgangs durch eine Erregungswelle mehr geliefert hat, als es in derselben Zeit ohne die letztere ausgeführt haben würde. Die Kenntniss dieser Ueberzahl ist wichtig, weil sie unmittelbar den Zuwachs an Leistungsfähigkeit misst, welchen das Herz in Folge der Nervenreizung erfahren hat, und zu diesem Ende ist ihre Bestimmung unentbehrlich, weil sie weder ersetzt werden kann durch die Zeit, über welche sich die Beschleunigung des Herzschlags erstreckt, noch auch durch die maximale Zahl, die der Puls in der Erregungswelle erreicht hat. Denn diese beiden Werthe stehen in keiner solchen Abhängigkeit von einander, dass mit dem Auftreten des einen auch schon der andere gegeben wäre. Damit nun aber der Gesammtzuwachs an Schlägen mit Sicherheit zu zählen sei, muss die Bedingung erfüllt sein, dass sich die Grenzen der Beschleunigungswelle von ihrer Umgebung scharf abheben. In meinen Beobachtungen ist dieses nicht immer der Fall, weil die Frequenz der Pulse vor dem Beginn der Reizung keine constante war und weil, wie schon oben bemerkt, die Beschleunigung nicht plötzlich, sondern mit Schwankungen in die ursprüngliche Schlagfolge übergeht. Wenn schon aus diesem Grunde, bei der Bestimmung des gesammten Zuwachses, die Willkür nicht vollkommen ausgeschlossen ist, so wird nun gar ein anderer Theil meiner Beobachtungen für den vorliegenden Zweck ganz unbrauchbar, da in ihnen eine zweite Reizung der ersten früher folgte, als der Effect derselben verschwunden war. Desshalb kann ich trotz der häufigen Wiederholung der Reizung nur wenige Bestimmungen des gesammten Zuwachses an Pulsen vorlegen. Es sind dieses die folgenden. Die Abstände der Inductionswellen waren jedesmal so gewählt, dass die Reizung den maximalen Werth besass.

Buchstabe des Versuchs und Ordnungsnummer der Reizung.	Dauer der Nervenreizung in Secunden.	Gesammter Zuwachs der Pulszahlen.	Normale Pulszahl in 1 Secunde.	Höchste Pulszahl während der Beschleunigungswelle.
E. 2	21	72	3.0	4.75
3	19	58	3.0	4.75
5	3	23	3.0	4.25
6	2	17	3.0	4.25
H. 1	12	28	2.25	3.50
J. 1	17	52	2.5	3.75
K. 1	24	58	2.5	3.75
2	37	42	2.5	3.5

Wie geringfügig und wenig variirt auch diese Zahl von Beobachtungen ist, so geht aus ihnen doch hervor, dass der gesammte Zuwachs an Pulsen zwar mit der Dauer der Reizung, aber keineswegs proportional mit ihr steigt; indem z. B. als in Versuch E die Reizungsdauer um das 10.5fache wuchs, sich die Pulse nur um das 4.2fache mehrten.

Ausser der Beschleunigung der Pulszahl ruft die Reizung der Nerven, welche in der Bahn des n. accelerans enthalten sind, häufig auch eine Erhöhung des mittleren arteriellen Druckes hervor. Dass sein Eintritt nicht bedingt ist durch die vermehrte Schlagzahl, ergiebt sich schon daraus, dass die Fälle gar nicht selten sind, in welchen die Frequenz der Pulse wächst, ohne dass ein gleiches am mittleren arteriellen Drucke vorkäme. Aber auch da, wo Druck und Pulszahl gemeinsam wachsen, geht aus dem Verlauf, den beide in der Zeit nehmen, deutlich ihre gegenseitige Unabhängigkeit hervor. Ausnahmslos erreicht nach der Reizung der arterielle Druck früher sein Maximum, als die Beschleunigung der Pulse und noch mehr, wenn die Pulszahlen ihren höchsten Werth erreicht haben, so sinken sie von diesem gleichmässig wieder auf den Werth herab, der ihnen vor der Reizung zukam. Ganz anders die arteriellen Drücke, sie sinken, wie Fig. I auf Tafel 1 zeigt, unter wellenförmigen Schwankungen, die den von *Traube* beschriebenen Pulswellen ähneln, auf ihren Normalwerth herunter, wobei sich ausnahmslos noch die beachtenswerthe Erscheinung findet, dass diese Druckwellen um so niedriger und kürzer werden, je weiter sie sich vom Beginne der Reizung entfernen. — Der Holzschnitt zeigt, wie sich die Aenderungen des Drucks und der Pulse ausnehmen, wenn sie durch das Hgmanometer aufge-

schrieben werden. Auf x ist die Zeit in Secunden, auf Y die halbe Höhe des veränderlichen Druckes aufgetragen. Die Reizung des n. accelerans beginnt zu Ende der 7., sie schliesst

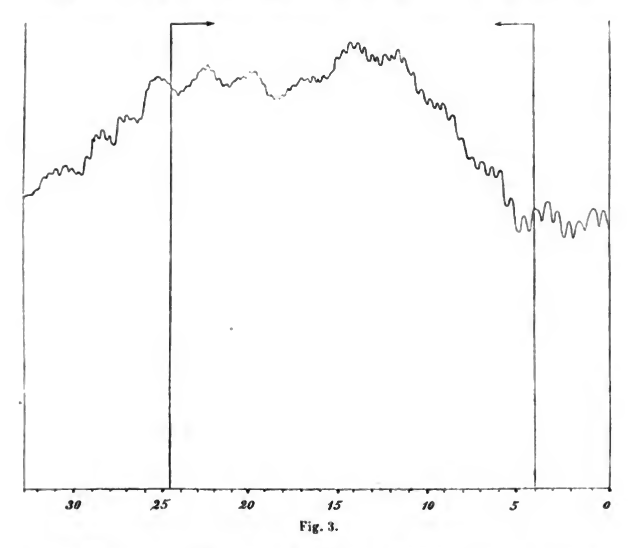


Fig. 3.

gegen Ende der 27. Secunde. Die gegebene Curve ist nach einem Original gepausst, das ein anderer Hund lieferte als der, von welchem die Fig. I auf Tafel 1 herrührt.

Die Unabhängigkeit der Beschleunigungswelle und der Druckschwankungen erklärt sich am einfachsten durch die Annahme, dass in dem gereizten Stamme zwei Nerven von verschiedener Function gelegen sind, von denen der eine auf das Herz, der andere aber auf irgend welche Gefässbahn hinwirkt. Für diesen Erklärungsversuch macht schon *Schmiedeberg* mit Recht eine seiner Beobachtungen geltend, bei welcher durch Reizung eines der Aeste, die aus dem Sternganglion hervorgehen, nur die Druckwelle ohne gleichzeitige Beschleunigung des Herzschlags hervorgerufen wurde. Bei der Unregelmässigkeit, mit welcher im Bereiche des n. symphaticus die Wurzeln zu Stämmen zusammengefasst werden, kann es nicht auffallen,

dass durch die Reizung des dem Anscheine nach gleichen Nervenstammes die Drucksteigerung bald erscheint und bald ausbleibt.

Da ich in den vorstehenden Versuchen mich sehr häufig des Federmanometers bediente, so habe ich beiläufig eine Erfahrung über das Auftreten des pulsus dicrotus gewonnen, die mir erwähnenswerth erscheint. Diese Art des Pulses tritt, wie schon *A. Fick* angiebt, nicht bei allen Hunden auf, ohne dass man im Stande wäre, den Grund für ihr Ausbleiben bezeichnen zu können. An den Thieren dagegen, an welchen ich sie auftreten sah, kam sie jedesmal zum Verschwinden, wenn die Zahl der Pulse 210 bis 220 in der Minute erreicht hatte. — Ein deutliches Beispiel für die Aenderung der Form mit der Frequenz der Pulse giebt Fig. 1 auf Tafel I.

Nach dieser kurzen Unterbrechung kehre ich zu der Beschleunigungswelle des Herzschlages zurück. Ueberblickt man die Veränderungen, welche der Rhythmus der Pulse in Folge der Reizung des n. accelerans erfährt, so drängt sich uns unwillkürlich ihre Analogie mit derjenigen auf, die nach einer vorübergehenden Erwärmung des unermüdeten oder nach einer Einführung frischen Serums in das ermüdete Froschherz sichtbar sind. Die Uebereinstimmung des Nervenreizes mit den beiden genannten Mitteln zeigt sich erstens darin, dass derselbe nichts an dem Ablauf der einzelnen Zuckung, wohl aber die Geschwindigkeit ihrer Folge ändert; dann aber auch in der Langsamkeit, mit welcher sich nach der Reizung die Beschleunigung entwickelt, und mit welcher die einmal hervorgerufene wieder verschwindet. Durch diese letztere Eigenschaft treten die Wirkungen unseres Nerven ausser aller Analogie mit derjenigen des gewöhnlichen motorischen, und durch die erstern in einen Gegensatz zu den Herzästen des n. vagus, dessen tetanische Reizung eine lange, gleichsam eine tetanische Pause hervorruft, während der mit Rücksicht auf die Frequenz entgegengesetzt wirkende Accelerans keine tetanische Contraction hervorzurufen vermag. Somit erweist sich der Antagonismus, welcher zwischen dem n. accelerans und dem n. retardans besteht, wenigstens nicht als ein vollkommener. Eine weitere Verfolgung ihrer Stellung zu einander wird darum doppelt wünschenswerth. Zu diesem Ende sollte, wie schon erwähnt, zunächst ein schwacher Reiz auf den n. vagus mit dem maximalen auf den n. accelerans combinirt werden, um festzustellen, ob auch dann noch ein unbedingtes Uebergewicht des retardirenden Nerven hervortrete.

Zur Ausführung dieses Vorhabens gehörten selbstverständlich zwei isolirte Reizungen des n. vagus, zwischen denen eine dritte mit gleichzeitiger Reizung des n. accelerans einzuschieben war. Aus der Vergleichung der Schlagfolge während der mittleren mit derjenigen während der vorhergehenden und der nachfolgenden Reizungsperiode sollte der gewünschte Aufschluss hervorgehn. Um über die Genauigkeit oder überhaupt über die Zulässigkeit dieses Verfahrens Auskunft zu erhalten, musste zunächst geprüft werden, wie sich die Schlagfolge des Herzens bei der Zeit nach verschiedenen, aber sonst möglichst ähnlichen Reizen auf denselben Nerven stellte.

Den Mittheilungen entsprechend, welche über die Reizungserfolge des isolirten n. accelerans vorausgeschickt worden sind, gewährte die Vorprüfung ein günstiges Ergebniss. Maximale Inductionsströme brachten zu verschiedenen Zeiten von diesem Nerven aus eine sehr annähernd gleiche Pulsfrequenz hervor. Weniger befriedigend verhielt sich die Schlagfolge des Herzens, wenn in minutenlangen Zwischenräumen wiederholt dasselbe Stück eines seiner n. vagi durch gleichstarke Inductionsströme jedesmal gleichviel Secunden hindurch tetanisirt wurde; als ich z. B. den Rollenabstand aufsuchte, der nothwendig war, um eine gerade noch augenfällige Verlangsamung des Pulses zu erzeugen, so ergab sich, dass derselbe bei mehreren aufeinanderfolgenden Reizungen ungleich gross gemacht werden musste. Ein Rollenabstand, welcher soeben gerade hingereicht hatte, um eine merkliche Verlängerung der Pause zu bewirken, war schon bei der nächsten Prüfung entweder hierzu nicht mehr vermögend, oder er verlängerte umgekehrt die Pausen um ein bedeutendes mehr als früher, so dass man niemals mit Sicherheit den Effect einer Reizung vorher sagen konnte. — Der Grund für diese Unregelmässigkeit konnte liegen in einer Veränderlichkeit der Widerstände in dem elektrischen Stromkreise, der den Nerven enthielt, oder in einer variablen Reizbarkeit des letztern, oder auch in einer wechselnden Empfänglichkeit des automatischen Apparates für die Erregungen des n. vagus. — Obwohl ich nun die Beseitigung der ersten dieser drei Möglichkeiten nach Kräften angestrebt habe, so bin ich doch aus Mangel an einem sicheren Kennzeichen nicht im Stande, den Beweis dafür zu liefern, ob auch das Erstrebte wirklich erreicht wurde. Ein Zweifel scheint mir hier um so mehr erlaubt, weil es äusserst schwierig sein dürfte, den Widerstand im Nerven selbst und an den Berührungsstellen

zwischen diesem und den Electroden so unverändert zu erhalten, dass der ohnehin so schwache Strom vor allen Schwankungen bewahrt bliebe, die auf seine reizende Wirkung von Einfluss sein könnten. Wie dem auch sei, keinenfalls wird man alle Unregelmässigkeiten, die im Herzschlag während der Vagusreizung auftreten, aus der Veränderlichkeit des reizenden Stromes ableiten können. Denn da der Nerv auf den Electroden unverrückt auflag, und da die Rollenabstände und die Stärke des primären Stroms constant blieben, so mussten im Verlaufe einer Reizung sich auch die Intensitäten der Inductionsschläge, welche in den Nerven hineinbrachen, unverändert erhalten haben. Unter diesen Umständen würde zum mindesten eine Gesetzmässigkeit in der Pausenlänge der aufeinanderfolgenden Herzschläge zu erwarten gewesen sein; — so z. B. dass anfangs die Pausendauer zu- und später wieder abgenommen hätte, ersteres in Folge des summirenden Automaten, letzteres wegen der Ermüdung des Nerven. Da jedoch weder diese noch irgend eine andere Regelmässigkeit in der Länge der aufeinanderfolgenden Pausen constant war, so wird es hierdurch sehr wahrscheinlich, dass der Grund der unregelmässigen Schlagfolge nicht in der Ermüdung des Nervenstammes zu suchen ist. Somit bliebe für die Erklärung desselben nur die Annahme übrig, dass sich im Bereiche des automatischen Organes selbst die Empfänglichkeit für den vom n. vagus herdringenden Reiz änderte. Doch worin auch die Ursache der ungesetzmässigen Wirkung der Vagusreize gelegen sein mag: für die vorliegende Untersuchung erwächst aus dem geschilderten Verhalten ein Uebelstand. Denn es musste die Hoffnung schwinden, die Frage nach der Interferenz des beschleunigenden mit dem verzögernden Nerven durch den Unterschied der Frequenz zu entscheiden, welchen der Puls darbietet bei der alleinigen Vagusreizung oder bei einer solchen, welche mit der gleichzeitigen des n. accelerans combinirt ist. Somit blieb nichts anderes übrig, als zu versuchen, ob es möglich sei, eine Grenze der Vagusreizung zu finden, unter welche die letztere nicht herabsinken dürfe, ohne ihres Einflusses auf die Wirkungen des n. accelerans verlustig zu gehn, oder ob überhaupt keine derartige Grenze existire, so dass jede, wenn auch noch so schwach wirksame Vagusreizung von demselben Erfolge begleitet sei, gleichgiltig ob sie für sich allein oder bei gleichzeitiger Erregung des n. accelerans angewendet werde. Um hierüber in das

Klare zu kommen, genügte es, den minimalen Reiz des n. vagus aufzusuchen und ihn einmal für sich und dann gleichzeitig mit dem maximalen auf den n. accelerans anzuwenden.

Als ich nach diesem Plane meine Versuche weiterführte, traten mir sehr häufig Erfolge entgegen, die dem ähnlich sind, welcher auf Fig. 2 Taf. I. dargestellt ist; die Figur ist nach einem Original durchgepausst; durch die an ihr niedergeschriebenen Ausweise wird jede weitere Erklärung überflüssig. Unter der facsimilirten findet sich die construirte Häufigkeitslinie. Aus dieser graphischen Darstellung geht auf das überzeugendste hervor, dass die Wirkungen der sehr schwachen Reizung des n. vagus auch dann in vollem Umfange hervortreten, wenn gleichzeitig das Herz durch den erregten n. accelerans zu der raschesten Schlagfolge veranlasst ist, denn es ist die Länge der Pausen, welche die Vagusreizung auf dem Gipfel der Beschleunigungscurve bedingt, sogar noch um ein Merkliches bedeutender als die, welche von denselben Inductionsschlägen bewirkt ist, die vor und nach jener Reizung den Nerven tetanisirten. — Da ich nun an zehn Versuchsthieren, d. h. an allen, die ich benutzte, Aehnliches gefunden, so unterliegt es keinem Zweifel, dass eine sehr schwache Vagusreizung genügt, um die Aeusserungen einer maximalen des n. accelerans vollkommen zu unterdrücken.

Träte nun das eben geschilderte Vorkommen ausnahmslos ein, so würde man zu der Annahme berechtigt sein, dass das Herz nichts an seiner Empfindlichkeit für die Erregung durch den n. vagus verloren habe, wenn es durch den n. accelerans in beschleunigte Pulsation gebracht ist. — Zu diesem abschliessenden Ausspruche berechtigen aber meine Beobachtungen keineswegs. Denn eben so oft, wie der in Taf. 1 Fig. II dargestellte Fall, tritt auch der in Taf. 1 Fig. III wiedergegebene auf, und zwar finden sich, wie ich besonders hervorheben muss, die Widersprüche in der Regel bei verschiedenen Reizungsperioden an demselben Thiere wieder. — So ist denn auch die Fig. III von demselben Hunde aufgeschrieben worden, welcher die Fig. II geliefert hatte und zwar nur wenige Minuten nach ihr.

Unterwirft man die Fig. III einer Zergliederung, so bemerkt man, dass in zwei hintereinanderfolgenden gleichzeitigen Reizungen des Vagus (minimal) und des Accelerans (maximal) die Wirkung des ersteren durchaus zurück-, und die des letztern in voller Stärke hervortritt. Dazu kommt, dass die in Reizung 1 deutlich ausgesprochene Vaguswirkung nicht blos in Reizung 2, also

während der Acceleransreizung, sondern auch in Reizung 3 während der Nachwirkung der letztern ausbleibt, wie dieses zu erwarten ist, wenn das lebhaft beschleunigte Herz gegen die Angriffe des n. vagus widerstandsfähiger geworden. Auch noch die vierte Reizung des n. vagus ist weniger ausgesprochen und erst bei der fünften kehrte die Pausenlänge der ersten zurück. Als nun die Reizung des n. accelerans abermals beginnt, kommen einige Pulse mit langen Diastolen zum Vorschein, nach deren Ablauf erst das Herz in eine stark beschleunigte Schlagfolge gerieth, aus der es durch eine gleichzeitig eingesetzte Vagusreizung 6 nicht herausgebracht werden konnte. Als aber in der Nachwirkung des n. accelerans die siebente Reizung des n. vagus hereinbrach, kam seine Wirkung im vollsten Umfang zum Vorschein, so dass sich jetzt das umgekehrte Verhalten, wie bei der dritten Vagusreizung, einstellte. Dieses ist noch darum besonders beachtenswerth, weil nach dem Ende der siebenten Tetanisirung des n. vagus sogleich wieder der beschleunigte Puls — als Nachwirkung des erregten n. accelerans — zurückkehrte.

Aehnliche Widersprüche, wie sie durch die Fig. II u. III der Taf. 1 versinnlicht sind, haben mir, wie schon erwähnt, 10 Versuchsthiere ergeben, und zwar zeigt sich jedesmal wechselnd bald die Erregung des n. vagus und bald die des n. accelerans überwiegend. Ich halte es für überflüssig, durch eine Vorführung weiterer Beispiele dem Leser eine Einsicht in den Wechsel zu geben, welcher in meinen Curven und Tabellen herrscht, da es mir doch nicht gelungen ist, die Gegensätze aufzulösen. Dieses letztere würde allerdings leicht sein, wenn man annehmen wollte, dass der n. vagus vorübergehend ermüdet oder dass der Reiz auf ihn mangelhaft angewendet gewesen, wenn bei gleichzeitiger Tetanisirung beider Nerven der Accelerans allein zur Geltung gekommen. Diese Behauptung ist allerdings darum haltbar, weil sie sich nicht widerlegen lässt, aber sie ist auch werthlos, weil ihr keine Unterstützung von irgend welcher Seite zu Gebote steht. Vielleicht gelingt es einem künftigen Beobachter, durch noch weitere Ausbildung der Beobachtungsmittel die Aufklärung über den Punkt hinaus zu treiben, auf den ich ihn gebracht. Denn nach den vorliegenden Thatsachen muss ich es zweifelhaft lassen, ob nicht sehr niedere Grade der Vaguserregung durch die maximale Reizung des n. accelerans zu überwinden sind.

In der engsten Verbindung mit der Frage, die wir bisher

besprochen, steht die andere, ob der n. vagus auch die Zustandsänderung zu beseitigen vermöge, welche der erregte n. accelerans dem Herzen beigebracht hat. Dieses ist nun entschieden nicht der Fall. Denn, wenn der vom accelerans beschleunigte Puls durch den n. vagus auch noch so sehr verlangsamt worden war, jedesmal kehrte die übergewöhnlich rasche Schlagfolge zurück, sowie der n. vagus aus dem Inductionskreise ausgeschaltet worden war. Hierfür ist es einerlei, ob die beiderseitigen Reizungen gleichzeitig aufhörten, oder ob die des vagus gleichzeitig mit der des accelerans bestand, aber später endete, oder ob sie erst während der Nachwirkung der Acceleransreizung eingeschaltet war. Als Beispiele für dieses Verhalten verweise ich auf die zweite Vagusreizung der Fig. II und auf die sechste in Fig. III auf Tafel 1. An diese reihen sich andere, in denen es sogar den Anschein gewinnt, als ob die vom Accelerans geweckte Beschleunigung durch eine eingelegte und wirksame Vagusreizung noch gesteigert werden könne; denn zuweilen ereignete es sich, dass die vor der Vagusreizung scheinbar schon auf ihrem Maximum angelangte Pulszahl nach dem Aufhören derselben noch weiter emporging. Meine Versuche reichen jedoch nicht aus, um das eben angedeutete Abhängigkeitsverhältniss ausser Zweifel zu stellen. In derselben Lage bin ich auch dem Nachweis gegenüber, ob der Zuwachs an Pulszahlen, welchen die von der Acceleransreizung hervorgerufene Erregungswelle enthält, durch das Einschieben einer wirksamen Vagusreizung vermindert wird. In einzelnen meiner Beobachtungen ist dieses sicher nicht geschehn, denn die Ueberzahl an Pulsen in zweien hintereinander erregten Beschleunigungswellen war gleich gross, obwohl die eine derselben ungestört ablief, während die andere in ihrem Gange durch eine wirksame Vagusreizung unterbrochen war. Ob dieses jedoch immer eintritt, kann ich desshalb nicht behaupten, weil in meinen Beobachtungen nur selten eine Erregungswelle bis zu ihrem normalen Ende gelangte, sondern bevor dieses geschehn, schon durch eine neue Reizung unterbrochen ward.

In der Regel wird, wie bekannt, durch eine Erhöhung des arteriellen Druckes eine Reizung der neutralen Enden des Vagus hervorgerufen. Mir erschien es nicht uninteressant, zu prüfen, ob auch die Wirkung dieser natürlichen Reizung durch eine maximale Erregung des n. accelerans zum Verschwinden ge-

bracht werden könne. Ich sage zum Verschwinden und nicht beeinträchtigt, weil es bei der Unregelmässigkeit der Pulsfolge, die während der Druckerhöhung zum Vorschein kommt, unmöglich ist zu sagen, ob eine kleine Beschleunigung, die der durch die Druckerhöhung verlangsamte Puls während der Reizung des n. accelerans erfährt, auch ohne ihr Hinzutreten stattgefunden hätte. Zu diesen Versuchen eignen sich nur solche Thiere, deren Puls durch die Druckerhöhung wirklich verlangsamt wird.

In den Beobachtungen, die ich ausführte, zeigte es sich, dass die maximale Reizung des Accelerans in der That nicht im Stande ist, die Pulse auf die normale Zahl zu erheben, unter welche sie durch den gesteigerten Blutdruck herabgebracht worden war. Besonders charakteristische Beispiele hierfür gewinnt man dadurch, dass man den Druck zuerst erhöht und nachdem hierdurch die Pulse verlangsamt sind, eine maximale Erregung des n. accelerans einleitet, dann aber, bevor man mit dieser geendet, die Compression der Aorta unterbricht. Hierfür gebe ich das folgende Zahlenbeispiel:

Fortlaufende Zeit in Secunden.	Pulszahlen in der vorstehenden Zeiteinheit.	Druck in der arter. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
2	8	100	
4	8	102	Die Compression der Aorta unter dem Zwerchfell beginnt.
6	8	104	
8	?	150	
10	4,5	152	
12	4	153	
14	3	153	Die Reizung des n. accelerans beginnt.
16	3	154	
18	3,5	155	
20	2,5	154	
22	3	154	
24	3	154	
26	3	154	
28	3	152	
30	3	153	
32	3	154	
34	2	154	
36	3	156	
38	3	158	

Fortlaufende Zeit in Secunden.	Pulszahlen in der vorstehenden Zeiteinheit.	Druck in der arter. carotis in mm Hg.	Bemerkungen.
40	2,5	158	
42	3	157	
44	3	157	
46	2,5	156	
48	3	156	
50	3	156	
52	3	156	
54	2,5	156	
56	3	156	
58	2,5	156	Die Compression der Aorta hört auf.
60	3	130	
62	2,5	144	
64	3	50	
66	?	52	
68	8,5	50	
70	9,5	60	Die Reizung des n. accelerans hört auf.
72	9,5	70	
74	9,5	75	
76	9,5	80	
78	9	86	
80	9	88	
82	8,5	88	
84	8,0	90	
86	8,0	92	
88	8	92	
90	8	92	
92	7,5	92	Die Compression der Aorta beginnt.
94	8	130	
96	5	166	
98	3	166	
100	3	166	Die Compression der Aorta hört auf.
102	3	166	
104	?	64	
106	7	66	
108	7,5	67	
110	7,5	70	
112	8,0	80	

Dieses Verhalten des Pulsschlages in einer Periode gleichzeitiger Reizung des n. accelerans und eine bedeutende Erhöhung des Blutdruckes gewährt ganz das Ansehen, welches man so häufig bei gleichzeitigen Erregungen in den Stämmen des n. vagus und des n. accelerans bemerkt. Hieraus geht jedenfalls hervor, dass die vom arteriellen Blutdruck veranlasste Reizung des n. vagus stark genug ist, um eine maximale des n. accelerans zu überbieten. Wenn man den hier beschriebenen Versuch an einem Hunde anstellt, dessen n. vagus sehr reizbar ist, so bemerkt man von der Zeit an, in welcher sich die Reizung des n. accelerans zu der Compression der Aorta gesellt, allerdings auch öfter ein Ansteigen der Pulszahl, das nach Entfernung des Nervenreizes schwindet und nach seiner Rückkehr sich wieder einstellt. Als ein Beispiel für dieses Verhalten mag die im Holzschnitte 4 nach einer originalen construirte Druck- und Beschleunigungscurve gelten. Um Platz zu ersparen, sind beide Curven in dasselbe Ordinatensystem eingetragen worden, je ein *mm* der Abscisse entspricht einer Zeiteinheit von 2 Secunden. Die Höhen des Blutdruckes sind so eingetragen, wie sie in der natürlichen Curve aufgezeichnet wurden. Als Einheit für die Pulszahlen in je 2 Secunden ist das Ctm. gewählt. Die Zeiten, während welcher die Aorta comprimirt wurde, sind durch die Linie, die sich zwischen *AA* hin erstreckt; die Zeiten, während welcher der n. accelerans gereizt wurde, sind durch die Linien zwischen *BB* bezeichnet.

Nach den Beobachtungen, die diesen Charakter tragen, könnte es allerdings scheinen, dass die Wirkungen sehr schwacher centraler Reizungen des n. vagus durch die maximale Reizung des n. accelerans theilweise aufgehoben werden können. Jedenfalls wird aber auch in ihnen die Wirkung des n. accelerans beeinträchtigt, da er, wie ersichtlich, das Maximum der Schlagzahlen, welches er bei niederem Blutdruck hervorzurufen vermag, nach dem Anwachsen des letzteren nicht mehr zu Stande bringt. Weil nun, wie wir bei einer früheren Gelegenheit gesehen haben, die Reizung des n. accelerans für sich allein den Blutdruck zu erhöhen vermag, so kann es sich, vorausgesetzt, dass die n. vagi erhalten sind, wohl auch ereignen, dass durch das Anwachsen der arteriellen Spannung die Erfolge der Reizung des Beschleunigungsnerven aufgewogen werden. Auf diese Weise lässt es sich erklären, dass zuweilen mitten in

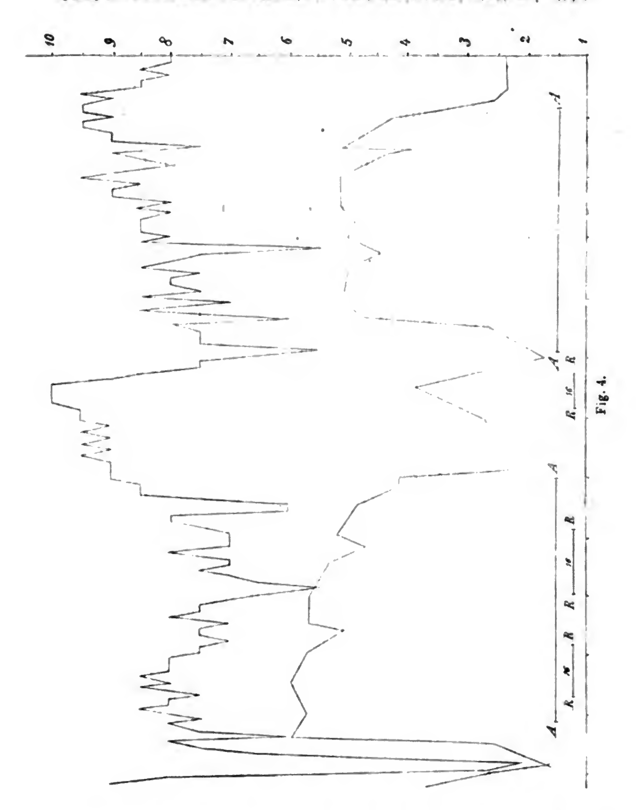
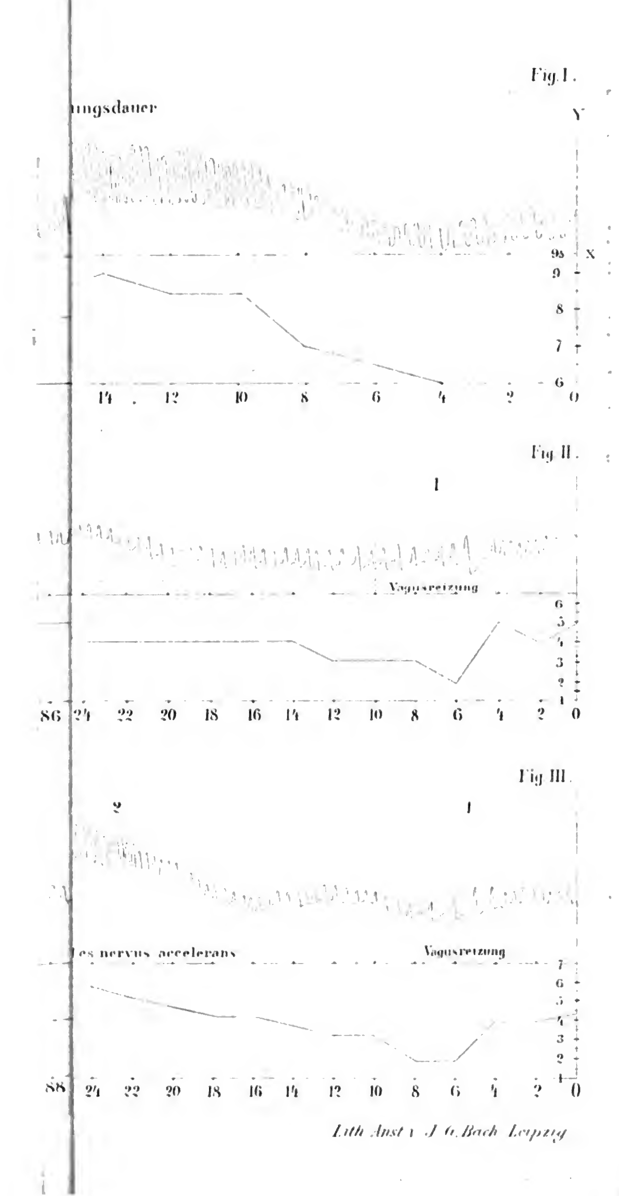


Fig. 4.

einem Beschleunigungsanfall, welcher durch eine Reizung des noch so sorgfältig isolirten n. accelerans hervorgerufen ist, plötzlich einige Herzschläge mit langen Pausen auftreten.

Da die von mir benutzten mit Curare vergifteten Hunde nach Beendigung der Interferenzversuche durch Erstickung getödtet wurden und da die letztere öfter begann, bevor noch der n. accelerans seine Erregbarkeit eingebüsst hatte, so benutzte

ich die gebotene Gelegenheit, die Wirkungen des Nerven zu einer Zeit zu prüfen, in welcher das Blut schon tiefdunkel geworden war. Bei den Thieren, an welchen dieser Versuch ausgeführt wurde, wurde der Nerv noch sehr wirksam gefunden. Für die Charakteristik des Zustandes, den der gereizte n. accelerans im Herzen herbeiführt, scheint diese Thatsache bedeutungsvoll zu sein, insofern sie zeigt, dass zur Entwickelung desselben das sauerstoffhaltige Blut kein Erforderniss ist.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

SITZUNG AM 26. JULI 1873.

Dr. Victor v. Mihalkovics, *Beiträge zur Anatomie und Histologie des Hodens.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig, vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede *C. Ludwig*.

Mit 3 Tafeln in Farbendruck.

Als ich die nachstehenden Untersuchungen unter der Leitung der Herren Professoren *C. Ludwig* und *G. Schwalbe*, denen ich für ihren gütigen Beistand hiermit meinen besten Dank ausspreche, anfing, hatte ich nur die Absicht, einige bis jetzt noch nicht hinlänglich aufgeklärte Punkte im Baue des Hodens zu berühren. Das interstitielle Gewebe mit seinen eigenthümlichen Zellen war es hauptsächlich, dem ich meine Aufmerksamkeit zuwenden wollte, zumal dieses wegen der neuen Anschauungen über das Bindegewebe ein eingehendes Studium wünschenswerth erscheinen liess. Die Lymphbahnen, als mit dem Bindegewebe in innigster Beziehung stehend, mussten bei dieser Gelegenheit auch berücksichtigt werden. Indessen fesselten meine Aufmerksamkeit mehrere neue Punkte, so dass ich mich endlich entschloss, alle wichtigeren Theile des Hodens einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Während der Arbeit überzeugte ich mich hinlänglich von der Wahrheit des Satzes, dass die Untersuchung einzelner constituirender Theile eines Organs nie in der Weise die Vortheile einer selbstständigen Auffassung bietet, wie die Berücksichtigung aller zusammensetzenden Elemente. Besonders vortheilhaft fand ich die vergleichend histologischen Untersuchungen; es wurden daher ausser dem Menschen die am leichtesten zugänglichen Säuger (Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte, Maus, Hund, Kater, Igel,

Ziegenbock, Eber, Stier) und einige Vögel (Taube, Hahn) berücksichtigt.

Ich werde mich lediglich auf meine Untersuchungen beschränken; was ich von frühern Forschern erwähne, geschieht bloss, um meine Resultate an die Angaben jener anzuknüpfen.

Die Verschiedenartigkeit der untersuchten Theile macht es wünschenswerth, die Abhandlung in vier Abschnitte zu theilen, und demgemäss werde ich beschreiben:

A. den Verlauf, Bau und Inhalt der Samenkanälchen,
B. das interstitielle Hodengewebe,
C. die Lymphbahnen, und endlich
D. die Blutgefässe des Hodens und Nebenhodens.

A. Die Samenwege.

Verlauf und Bau derselben.

Bei Betrachtung der Samenwege fällt vor Allem die Mannigfaltigkeit derselben auf. Wollte man den Theil, in welchem die spezifischen Samenelemente gebildet werden, von den Ausführungswegen trennen, so sollte man den bisherigen Anschauungen gemäss die Grenze an die Uebergangsstelle der geraden Samenkanälchen (tubuli recti) in das Hodennetz legen. Es soll jedoch im Verlaufe dieser Abhandlung bewiesen werden, dass der Nebenhoden kein einfacher Abzugskanal, sondern selbst Absonderungsstätte ist, ferner dass zwischen die beiden absondernden Organe, den Haupt- und Nebenhoden, erst sehr enge Passagen, in Gestalt der geraden Samenkanälchen, und dann die weiten Räume des Hodennetzes eingeschaltet sind. Infolge dessen muss man sich entschliessen, in der Charakteristik des Drüsenbaues dem Hoden einen besonderen Platz zuzuweisen.

In Berücksichtigung der neueren Aufschlüsse über den Hoden müssen wir an den Samenwegen unterscheiden:

1) die spezifischen Samenelemente absondernden Stätten: die gewundenen Samenkanälchen (tubuli seminales contorti),

2) die geraden Samenkanälchen (tubuli seminales recti), welche nur sehr enge Passagen darstellen,

3) die weiten, theilweise zur Aufbewahrung des noch consistenten Samens dienenden Räume des Hodennetzes (plexus seminales), und

4) den den grössten Theil der flüssigen Samenbestandtheile secernirenden Nebenhoden (epidydimis). Als ableitendes Rohr dient bloss das rücklaufende Samengefäss (vas deferens).

Der Verlauf und Bau dieser Theile mag nun einzeln zur Sprache kommen.

1) Die gewundenen Samenkanälchen.

Es ist vielfach versucht worden, theils durch Injectionen (*Hyrtl*), theils durch Isolationsmethoden (*Lauth*, *Sappey*), Anfang und Ende der gewundenen Samenkanälchen festzustellen. Besonders der Anfang gab zu verschiedenen Deutungen Anlass [1].

Während die meisten neueren Forscher blinde Anfänge annehmen (*Beale*, *Henle*, *Kölliker*, *Sappey*), spricht schon *E. A. Lauth* [2]) gegen diese Annahme einiges Bedenken aus und *Hyrtl* läugnet sie ganz, indem er sich auf die negativen Resultate von Injectionen stützt.

Ich glaube, dass diese Frage durch Injectionen nicht endgiltig zu entscheiden ist, da man kaum annehmen kann, dass die Masse bis in die Anfänge vordringe, oder gar die angenommenen kürzeren seitlichen Anfänge fülle. Nur die Isolation der Samenkanälchen kann in dieser Hinsicht hinreichende Auskunft geben. Frisch lassen sich jedoch die Samenkanälchen nicht isoliren; auch von Hoden aus Müller'scher Lösung gelang es mir höchstens 18—20 Cmtr. lange Stücke zu erhalten, da die Kanälchen an ihren Vereinigungspunkten leicht reissen. *Lauth*'s Resultate können also nicht massgebend sein, da sie auf Isolation frischer Hodenkanälchen beruhen.

Es war ein entschiedener Fortschritt, als *Sappey* zur Zerstörung des Zwischengewebes verdünnte Salpetersäure vorschlug. Ich versuchte verdünnte Salzsäure ($^2/_3$ Säure

---

1) Schon die alten Anatomen beschäftigten sich mit den Anfängen der Samenkanälchen. Interessant ist es zu wissen, dass sie zur Lösung der Frage nach der Art der Samenbereitung a priori annahmen, die Blutgefässe gingen unmittelbar in die Samenkanälchen über.

2) »Mémoire sur le testicule humain.« In: Mémoires de la société d'histoire naturelle de Strasbourg. T. I. 1830.

und $^1/_3$ Wasser) und liess in diesem Gemisch frische Hodenstücke 1—2 Tage bei 30° C. maceriren. Die so behandelten Präparate wurden nachher in Wasser gelegt, bis die Windungen der Samenkanälchen anfingen zu zerfallen. Das zerstörte Bindegewebe liess dann eine Isolation mit Nadeln unter Wasser gut zu, besonders an Hoden mit starkwandigen Samenkanälchen, wie beim Menschen, während die dünnwandigen Hodenkanälchen kleiner Säuger leicht zerreissen.

Durch diese Methode erhielt ich Resultate, entgegengesetzt denen, die *Sappey* am Hoden des Menschen gefunden hat[1]). Bekanntlich nimmt dieser Autor beim Menschenhoden die blinden Anfänge in einer Entfernung von 1—3 Mm. unter der Albuginea an; ausserdem kämen an jedem Samenkanälchen 1—7 blinde Seitenäste von der Länge von 2—3 Mm. vor. Ich habe mich überzeugt, dass die vielfach besprochenen blinden Anfänge nicht vorkommen, auch die längeren seitlichen Anfänge fehlen. Es finden sich jedoch bei menschlichen Hodenkanälchen hie und da ganz kleine, knospenähnliche Ausbuchtungen der Wand, die mit einem verdünnten Halse in jene münden. Ihre Höhe und Weite beträgt 0.07—0.15 Mm. (Fig. 1.)

Die überzeugendsten Resultate erhielt ich am Hundehoden. Die Samenkanälchen dieses Thieres bilden ein geschlossenes Netz. Vom engen Theile eines Läppchens ausgehend, findet eine fortwährende dichotomische Theilung statt (die Knotenpunkte der Theilungsstellen liegen je in einer Entfernung von 7—10 Ctmr.) und die schliesslich aus der Theilung hervorgehenden Endäste hängen durch Schlingenbildung zusammen. Die Endschlingen verbinden nur Samenkanälchen desselben Läppchens. Beim menschlichen Hoden, wo die Läppchenbildung in der Rindenschicht nicht deutlich ausgesprochen ist, verbinden sich auch Hodenkanälchen benachbarter Läppchen. Blinde Anfänge fand ich beim menschlichen Hoden ebenfalls nicht.

Es kann also nicht gut die Frage sein, wie viel Samenkanälchen in einem Läppchen enthalten sind, da dieselbe nur beim Vorhandensein von blinden Anfängen, deren jeder einem Hodenkanälchen entspräche, berechtigt wäre. Als eigentlichen An-

---

1) Anatomie, III, p. 556.

fang könnte man nur jenen Mitteltheil der Endschlingen betrachten, von dem aus sich der Inhalt nach beiden Seiten bewegt.

Während des Verlaufes sind die Kanälchen im peripheren Theile nicht bloss schlingenartig aufgewickelt, sondern drehen sich auch um ihre Längsaxe und bilden Oehsen, — man kann sich hiervon durch Isolation von Hoden aus Müller'scher Flüssigkeit gut unterrichten.

Interessant sind hinsichtlich ihres Verlaufes die Hodenkanälchen der Ratte. Bei diesem Thiere findet man die Samenkanälchen in zierliche lange Schlingen gelegt, die meist parallel der Längsaxe des Hodens laufen. Anastomosen kommen wie beim Hunde auch hier vor.

Die Weite der gewundenen Samenkanälchen bleibt während ihres ganzen Verlaufes so ziemlich gleich, das Endrohr im engsten Theile des Läppchens ist um nichts weiter als die Schlingen der Rindenschichte. Ich stellte mehrere Messungen hinsichtlich der Weite bei verschiedenen Thieren an [1], deren Resultate ergaben, dass der Durchmesser der Samenkanälchen nicht im Verhältnisse zur Grösse des Hodens steht; besonders auffallend erscheint die Grösse der Hodenkanälchen bei der Ratte.

Unter den Ansichten, welche über die Struktur der Wandungen der Samenkanälchen vorliegen, halte ich die Anschauung *Henle*'s [2], dass diese aus Membranen mit platten Kernen bestehen, dem wirklichen Befunde am nächsten stehend.

Es handelt sich bei Lösung dieser Frage wesentlich darum, ob eine selbstständige Drüsenmembran vorhanden ist, und welcher Natur die accessorischen Hüllen der Samenkanälchen sind. Die meisten Forscher halten die letzteren für faseriges Bindegewebe (*Gerlach*, *Frey*), in dem Muskelkerne (*Valentin*) oder feine elastische Fasern (*Kölliker*) nachweisbar wären.

Diese Frage lässt sich durch Zupf- oder Schnittpräparate allein nicht aufklären. Man sieht eben nur die mit platten Kernen versehenen Schüppchen, über die wahre Natur dieser

---

1) Bei Meerschweinchen 0.10, Kater 0.11, Hahn 0.12, Maus 0.15, Kaninchen 0.20, Ziegenbock 0.20, Mensch 0.21, Hund 0.25, Stier 0.26, Ratte 0.40 Mm.

2) Eingeweidelehre, p. 354.

giebt uns aber das Mikroskop keinen hinlänglichen Aufschluss. Ich versuchte daher folgendes Verfahren:

Wenn man einzelne Hodenstückchen 10—14 Stunden lang in concentrirte Salzsäure legt, durch welche das Zwischengewebe zerstört wird, dann in Wasser macerirt, bis die Kanälchen in einzelne Stückchen zerfallen, und solche unter das Mikroskop bringt, so findet man, dass die Wand der Samenkanälchen nicht im geringsten gelitten hat, sondern immer noch scharfe doppelte Contouren besitzt. Nicht bloss die als Drüsenmembran bezeichnete innerste Schicht, sondern auch die umgebende, der Annahme nach aus faserigem Bindegewebe bestehende Hülle sind unverändert. Die Resistenz gegen die Säure spricht zur Genüge gegen die faserig-bindegewebige Natur der Wandungen.

Noch andere Gründe bewegen mich zur Annahme, dass die Wand der gewundenen Samenkanälchen den Pacini'schen Körperchen ähnlich aus mehreren Lagen Häutchen besteht, deren jedes aus platten Zellen, den sogenannten Häutchenzellen oder Endothelien zusammengesetzt ist. An frischen Objecten sieht man nämlich an den Rändern ganz lichte, ovale Kerne, die über die lineare Contour der Samenkanälchen bauchig prominiren und in ziemlich regelmässigen Abständen vorkommen. Ihre Länge fand ich beim Kaninchen und der Ratte 0.11, die Breite 0.007 Mm., Maasse, die denen der Endothelkerne im Bindegewebe des Hodens ganz entsprechen.

Von der Kante gesehen, gewähren diese Kerne eine Ansicht, als wenn in der Wand die Kerne glatter Muskelfasern vorhanden wären. Besondere Veranlassung zur Täuschung kann der Bockhoden geben. Wenn dessen Samenkanälchen an Schnittpräparaten von der Fläche betrachtet werden, so sieht man viele Kerne, die denen der glatten Muskelfasern gleichen, zwischen denen ovale, denen der Endothelien ähnliche Kerne zerstreut sind. Die Täuschung wird dadurch veranlasst, dass die inneren Lamellen der Samenkanälchen sich von den übrigen in vielen, meist mit einander parallelen Querfalten abheben, und die Endothelkerne der letzteren imponiren, von der Kante gesehen, für glatte Muskelfasern. An Zupfpräparaten von in Müller'scher Flüssigkeit gelegenen Hodenkanälchen erhält man solche Bilder nicht.

Die einzelnen Lamellen der Wände sind, wie jene im Zwischengewebe (s. dieses) von grösseren und kleineren Lücken durchbrochen und letztere gestatten eine Communication der concentrischen Spalträume unter einander. Welche Bedeutung dieses Verhältniss für die Lymphbahnen und Samenbereitung hat, wird bei den Lymphgefässen noch besprochen werden, hier erwähne ich nur einen Versuch, der die Unvollständigkeit der Membranen beweist. Es ist dies die Einspritzung der concentrischen Spalträume mit Berlinerblau.

Wenn man die Blut- und Lymphgefässe eines Hoden mit rother Leimmasse angefüllt hat, und nachher mittelst Einstich Berlinerblau einspritzt, so erhält man Bilder, wie sie Fig. 2 von einem Stierhoden wiedergegeben sind. Man sieht die Blutgefässe dunkelroth, das Zwischengewebe rosa injicirt, während die Samenkanälchen von blauen Ringen umgeben sind, die den Wänden der Kanälchen entsprechen. Nach Innen ist überall eine scharfe Grenze, ein heller Saum vorhanden, den das Blau nie überschreitet. Hieraus ist zu schliessen, dass die blaue Farbe, da sie in dem bereits mit Leim ausgefüllten Zwischengewebe keinen Platz mehr hatte, in die Spalträume der Samenkanälchenwand eindrang. Dies Verhältniss zwingt zur Annahme einer durchbrochenen Beschaffenheit der Lamellen. Die innerste der Lamellen muss jedoch vollständig sein, denn sie wird von der blauen Farbe nie überschritten. Man kann sie daher immerhin als Membrana propria des Kanälchens bezeichnen, nur ist zu bemerken, dass sie hinsichtlich ihres Baues aus eben solchen Endothelien besteht, wie die übrigen Lamellen.

Was die Stärke der Wand betrifft, so hängt diese von der Zahl der Lamellen ab, und variirt bei verschiedenen Thieren. Bei ganz kleinen Säugern (Maus, Ratte) besteht die Wand überhaupt nur aus einer Membran, die dann, da sie undurchbrochen ist, der Drüsenmembran entspricht. Die Hodenkanälchen des Menschen besitzen die dickste Kapsel [1]).

Auf das Verhältniss der äussersten Lamelle zum umgebenden Bindegewebe werde ich bei Beschreibung des Zwischengewebes eingehen.

---

1) Kaninchen 0.001, Hund 0.003, Bock und Stier 0.004, Mensch 0.005 Mm.

2) Die geraden Samenkanälchen.

Das Verhältniss des Ueberganges der Samenkanälchen in das Hodennetz war bis jetzt nur mangelhaft bekannt. Jene Autoren, welche der sogenannten geraden Samenkanälchen (tubuli seminales recti) gedenken, beschreiben sie nach früheren Arbeiten, meist nach den Angaben *Lauth*'s[1]).

Die fraglichen geraden Kanälchen sollen nämlich nach Inhalt und Struktur mit den gewundenen Kanälchen übereinstimmen, durch den Zusammenfluss von 2—3 solcher Kanälchen entstehen, im unteren engen Theile des Läppchens liegen und endlich weiter als die gewundenen Samenkanälchen selbst sein.

Ich fand hingegen, dass die geraden Kanälchen:

a) eine andere Wand haben und von einem anderen Epithel bekleidet werden, als die gewundenen Hodenkanälchen;
b) die unmittelbaren Fortsetzungen je eines gewundenen Kanälchenendes sind (nicht ausgeschlossen, dass Anastomosen unter den geraden Kanälchen selbst stattfinden);
c) dass sie im Bindegewebe des Highmor'schen Körpers oder in den untersten Enden der Septen liegen;
d) bedeutend enger als die gewundenen Samenkanälchen sind.

Dass die Beschreibung, welche *Lauth*[2]) von den geraden Kanälchen giebt, dem wahren Sachverhalte nicht entspricht, darüber hegt schon *A. Lereboullet* Zweifel, indem er beim Kaninchen fand, dass sie enger wären, wie die gewundenen[3]); er beschränkte jedoch seine Untersuchungen auf dieses Thier.

Ich wurde zuerst beim Bockhoden aufmerksam, dass die geraden Kanälchen der angenommenen Beschreibung nicht entsprechen, und da dieses Thier die am schönsten entwickelten,

---

1) O. c. p. 18.

2) *Lauth* selbst giebt ihre Weite $^1/_{108}$″, *Kölliker* 0.22 Mm., *Frey* 0.1667‴ an.

3) »Ces tubes (ductuli recti) sont beaucoup plus minces, que les canaux seminifères eux-mêmes; ils mesuraient 0.04 Mm.« Recherches sur l'anatomie des organes génitaux, p. 12. In den Verhandlungen der kais. leop.-carolinischen Akademie, 15 Bd. 1851.

auch für die meisten übrigen Säuger als Typus dienenden geraden Kanälchen besitzt, sind zu deren Erläuterung Fig. 4 und 5 beigefügt. Fig. 5 bietet eine Uebersicht der Lage und des Verlaufes, Fig. 4 zeigt einige gerade Kanälchen im Detail.

Wir sehen an einem Querschnitte (Fig. 5) in der Mitte den Highmor'schen Körper mit den Lücken des Hodennetzes. Um den Highmor'schen Körper herum liegen in den Läppchen die vielfach angeschnittenen gewundenen Samenkanälchen, zwischen denen in den Septen an mehreren Stellen starke Blutgefässe verlaufen. Das Bindegewebe des Highmor'schen Körpers setzt sich mit ausgezogenen Zacken in die Scheidewände fort. Wir sehen an diesem Schnitte, dass in dem unteren engen Theile der Läppchen nirgends die angenommenen weiten geraden Kanälchen liegen, sondern auch hier gewundene vorhanden sind. Dagegen findet man in dem dichten Bindegewebe des Highmor'schen Körpers, zwischen dem Rete testis und den Enden der Läppchen, zumeist von den Septen ausgehend, bedeutend engere gerade Kanälchen, die an vielen Stellen der ganzen Länge nach, an andern nur theilweise getroffen daliegen.

Wenn wir jetzt einige dieser Kanälchen bei stärkerer Vergrösserung betrachten (Fig. 4), so sehen wir, dass die gewundenen Kanälchen gegen den unteren, breiten Theil der Septen sich etwas verengen, dann gewöhnlich eine kurze Schlinge nach aufwärts bilden, und noch stärker verengt gerade zum Hodennetze ziehen, in das sie mit einer kleinen trichterartigen Erweiterung übergehen. Es trifft sich oft, wie es die Abbildung zeigt, dass zwei gerade Kanälchen zusammenmünden, ohne dass der entstandene gemeinsame Kanal sich erweitert. Die Kanälchen liegen eingebettet in dem fibrösen Gewebe des Highmor'schen Körpers und zeigen ein granulirtes Aussehen, herrührend von der Bedeckung durch ein ganz niederes Cylinderepithel, dessen (0.004 Mm. breiten, 0.006 Mm. langen) Kerne sich intensiv färben. Die von den Septen ausgehenden Kanälchen sind bedeutend länger als die übrigen; ihre Länge schwankt von 0.4 bis 3.5, ihr Durchmesser zwischen 0.017—0.025 Mm., sie sind also mehr als 10mal enger wie die gewundenen Hodenkanälchen. — Die Richtung der geraden Kanälchen beim Bocke ist nicht ganz senkrecht auf die Längsaxe des Hodens, sondern etwas schräg gegen den Kopf des Nebenhodens geneigt. In dem abgerunde-

ten Anfange des Highmor'schen Körpers sind die tubuli recti viel zahlreicher, als gegen das Ende hin. Uebrigens ist es nicht schwer, sie an einem Schnitte der ganzen Länge nach zu treffen, wenn auch dieser mehr oder weniger senkrecht zur Längsaxe des Hoden geführt wird. Besonders vortheilhaft sind Hämatoxylinfärbungen.

Diese typische Anordnung der geraden Samenkanälchen am Bockhoden findet sich auch beim Menschen und den übrigen Säugethieren, nur in etwas weniger ausgeprägter Weise. So sind sie beim Kater z. B. etwas kürzer (0.6 Mm.), breiter (0.04 Mm.)* und mit höherem Cylinderepithel bedeckt, wie beim Bocke. Beim Kaninchen sind sie schwer im Zusammenhange mit dem Hodennetze zu erhalten, da sie sehr zart sind und während des Schneidens durch die Klinge gewöhnlich abgerissen werden. Auch verlaufen sie bedeutend schräger zur Längsaxe des Hodens wie beim Bocke. Sie sind 0.6—1.5 Mm. lang, 0.03—0.05 Mm. breit. — Am wenigsten ausgebildet findet man die geraden Kanälchen beim Hunde, wo sie nur ganz kurz (0.4—1.0 Mm.) und etwas weiter (0.05—0.07) wie bei den übrigen Thieren erscheinen. Am besten sind sie noch gegen den Knopftheil des Highmor'schen Körpers an Längsschnitten zu erhalten. — Bei jenen Thieren endlich, die keinen die Länge des Hodens durchsetzenden Highmor'schen Körper besitzen, wie bei der Ratte und den Vögeln, gehen die gewundenen Kanälchen, sich verengend, ganz einfach in die geraden und diese in die vasa efferentia über. Bei der Ratte fand ich ihre Länge 1.0 Mm., ihre Weite 0.17 Mm.

Was die geraden Samenkanälchen des Menschen betrifft, so bieten diese ein Verhalten dar, wie es in Fig. 3 und 6 wiedergegeben ist. Der den hintern Rand des Hodens einnehmende Highmor'sche Körper (Fig. 3) mit den Lücken des Hodennetzes ist im unteren Theile der Abbildung zu erkennen. Der Inhalt des Rete ist bei der Behandlung herausgefallen. Von hier strahlen die Scheidewände zwischen die Läppchen aus. Die gewundenen Samenkanälchen verlaufen nach unten ganz wenig geschlängelt, verengen sich trichterartig und gehen in die engen geraden Kanälchen über, die nach längerem oder kürzerem Verlaufe in das Hodennetz münden. — Beim Menschen sind bedeutend weniger gerade Kanälchen an einem Schnitte zu treffen, wie beim Bock, auch gelingt es viel

schwerer, sie der ganzen Länge nach zu erhalten, da sie an verschiedenen Stellen verschieden geneigt zur Längsaxe des Highmor'schen Körpers verlaufen. Ihre Länge ist 0.4—2.0, die Weite 0.02—0.05 Mm.

Die feineren Verhältnisse eines menschlichen geraden Samenkanälchens zeigt Fig. 6. Oben geht das gewundene Kanälchen mit einer trichterartigen Verengerung in das gerade über, das unten in das Hodennetz mündet. Der Inhalt des gewundenen Kanälchens ragt wie ein Keil in den Trichter hinein. Die mit länglichen Kernen versehene Wand des gewundenen Hodenkanälchens wird bei der Uebergangsstelle in das gerade schwächer und setzt sich in das niedere Cylinderepithel des geraden Kanälchens fort.

Die beschriebenen Verhältnisse der geraden Samenkanälchen beweisen zur Genüge, dass sie eine ganz andere Struktur und folglich auch eine andere Aufgabe haben, wie die gewundenen. Während letztere der Bereitung der spezifischen Samenelemente vorstehen, sind die tubuli recti bloss Abzugswege. Wenn man die bedeutende Enge dieser Kanälchen, die einestheils zwischen den weiteren gewundenen Samenkanälchen, andererseits zwischen den Räumen des Hodennetzes eingeschaltet sind, in Betracht zieht, so kann man schliessen, dass sie bei der Hydraulik der Samenableitung eine wichtige Rolle spielen müssen. Man kann sie mit den engen *Henle*'schen Schlingen der Niere in eine Kategorie stellen.

3) Das Hodennetz.

Wenn man am Hoden zwischen Drüsentheil und Abführungskanal unterscheiden will, so muss man als ersteren die gewundenen Samenkanälchen bezeichnen; die geraden Samenkanälchen stellen dann die primären Abführungswege des Drüsensekretes, das ableitende Samengefäss, endlich den gemeinsamen Ausführungsgang dar. Es ist eine ganz eigenthümliche Eigenschaft des Hodenbaues, dass zwischen diesem primären und dem Endausführungsgange ein das fibröse Bindegewebe des Corpus Highmori nach allen Richtungen durchziehendes Kanal- und Lückensystem existirt, das keine selbstständige Drüsenmembran besitzt. An vielen Stellen dieses

Netzes (plexus seminalis) fand ich ganz dünne (beim Menschen 0.01—0.03 Mm.) Balken, in deren Axe ein Blutgefäss verläuft. Das Epithel des Hodennetzes ist ein Platten- und kein Cylinderepithel, wie es gewöhnlich beschrieben wird. Die Verwechselung mit diesem rührt davon her, dass auch die geraden Kanälchen zum Hodennetze gezählt wurden, deren Epithel aus niederen Cylinderzellen besteht. Diese Zellen verflachen sich allmälig beim Uebergange in das Hodennetz (Fig. 6). Gegen das Ende des Hodennetzes tritt wieder Cylinderepithel auf, gleichsam ein Uebergang in die Cylinderzellen des Nebenhodens.

Als man noch die Spermatozoen aus ein- und vielkernigen Samencysten entstehen liess, lag die Vermuthung nahe, die Räume des Hodennetzes dienten den noch unreifen Samenfäden zur ferneren Entwicklungsstätte. Das Auffinden der Spermatoblasten beweist, dass die Bildung der Samenfäden schon in den gewundenen Samenkanälchen beendet wird, und so bleibt für die Deutung des Hodennetzes keine andere Vermuthung, als dass seine Räume die ersten Aufbewahrungsorte des eben abgesonderten Samens sind[1]. Die Weite der Räume, die in gefülltem Zustande bedeutend zunehmen können, und die bekannte vergleichend anatomische Thatsache, dass die Samenbläschen bei vielen Thieren fehlen, dienen zur Stütze dieser Annahme.

4) Inhalt der Samenwege.

Wenn ich auch dem Inhalte der Samenwege einige Seiten widme, so geschieht dies nicht in der Absicht, mich in die Details der Spermatozoengenese einzulassen, — ich habe mich in dieser Hinsicht von den Angaben *V. v. Ebner*'s und *E. Neumann*'s derartig überzeugt, dass ich mich nur auf das Nothwendigste beschränken werde.

Ich glaube über mehrere Punkte Aufschluss geben zu können, die bis jetzt zu mancherlei Deutungen Anlass gegeben haben: die Stützzellen von *Sertoli* und *Merkel* und das Keimnetz von *Ebner*. Zuvor noch einige Worte über den übrigen Inhalt der Samenkanälchen.

---

1) Schon *Henle* spricht sich in diesem Sinne aus. O. c. 360.

Eigentlich sollte man hierbei immer zwei Stadien unterscheiden: den ruhenden und den in Thätigkeit begriffenen Hoden. Da nämlich die Erzeugung von Spermatozoen nur in einzelnen Strecken der Samenkanälchen vor sich geht, in denen dann verschiedene Entwickelungsstadien der Spermatoblasten zu finden sind, so werden sich Differenzen im Verlaufe eines und desselben Kanälchens herausstellen. Betrachten wir zuerst den ruhenden Zustand.

Dass die Samenzellen eine kreisförmige Schichtung und radiäre Anordnung zeigen, ist schon im Handbuche *Henle's* angegeben. Die gegenseitige Abplattung dieser Zellen an Schnittpräparaten dürfte bloss Wirkung der eingetretenen Schrumpfung sein; an frischen Objecten sind sie rundlich, bisweilen mit Fortsätzen versehen. Die Samenzellen des Menschenhodens enthalten in manchen Fällen gelbes Pigment, was mir bei Thieren nicht vorgekommen ist. Ich fand ein derartiges Pigment in einem Falle auch in dem Hoden eines jungen kräftigen Arbeiters, der an den Folgen eines Sturzes gestorben war. Es sei dies angeführt, um die Angabe zu bestreiten, dass das Pigment bloss bei alten oder an auszehrenden Krankheiten gestorbenen Individuen vorkäme.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen den mehr peripherisch und den nach Innen liegenden Zellen konnte ich am ruhenden Hoden nicht finden, nur stehen die Zellen der äussersten Schichte dichter und ihre Kerne färben sich intensiver mit Carmin. Da diese Schicht es eigentlich ist, die zur Zeit der Thätigkeit des Kanälchens mit der Spermatozoenentwicklung betraut ist, mag sie ihren Namen als Epithel oder Wandschicht der Samenkanälchen immerhin behalten. Die übrigen Zellen, da sie mit der eigentlichen Samenentwickelung nichts zu thun haben, will ich künftighin indifferente Samenzellen nennen. Sie füllen das Samenkanälchen ganz aus, oder lassen in dessen Innerem ein Lumen frei, in dem schon fertige Spermatozoen oder Eiweisskugeln gefunden werden. Es kann aber auch eine ganz homogene, geronnene Masse oder ein Netzwerk darin vorhanden sein, das ganz identisch mit dem Netzwerke zwischen den Samenzellen ist.

Schon frühere Forscher, namentlich *Henle* und *Kölliker* erwähnen eine homogene zähe Grundsubstanz, die zwischen

den Samenzellen vorhanden ist. *Henle*[1]) sagt nur, diese Substanz scheine gegen das Lumen des Kanälchens flüssiger zu sein und in grösserer Menge vorzukommen. Ich überzeugte mich, dass diese dickflüssige Masse, die eigentlich als Zwischensubstanz der Samenzellen aufgefasst werden darf, identisch ist mit den von *Sertoli* beschriebenen »verästelten« und von *Fr. Merkel* »Stützzellen« genannten Gebilden.

Sertoli[2]) will bekanntlich im Hoden ausser den gewöhnlichen Samenzellen noch eine zweite Art von Zellen gefunden haben, die von der Wand der Samenkanälchen ausgehend ein Netz, gleichsam ein Gerüste bilden, dessen Maschen zur Aufnahme der Samenzellen und als Entwickelungsstätte der Spermatozoen dienen sollen. Die nämlichen Zellen nennt *Merkel*[3]) Stützzellen und bezeichnet sie als eine Art der Epithelien.

Ich muss gleich hier einschieben, dass obgleich mit einem anderen Namen benannt, das von *V. v. Ebner*[4]) beschriebene Keimnetz, ein Maschenwerk einer protoplasmaartigen Substanz, in dessen Lücken Samenzellen liegen und von dem die Spermatoblastenbildung ausgehen soll, seinem wahren Wesen nach identisch mit den Stützzellen ist und seinen Ursprung ebenfalls jener Zwischensubstanz der Samenzellen verdankt.

Bevor ich die Gründe angebe, die mich bestimmen, Stützzellen und Keimnetz als Modification jener Substanz zu erklären, erinnere ich an die Art und Weise, wie bisher diese Gebilde untersucht und beschrieben worden sind. Niemand untersuchte die Stützzellen an frischen Hoden, alle Forscher gebrauchten alterirende Flüssigkeiten, so z. B. *Sertoli* Sublimatlösung, *Merkel* concentrirte Oxalsäure, *Kölliker* Kali causticum. Wenn die Untersuchung im frischen Zustande nicht zur Controle dient, kann hierbei immerhin an Kunstproducte gedacht werden.

---

1) O. c. p. 354.

2) Dell esistenze di particolari cellule ramificate nei canalicoli seminiferi del testiculo umano. Morgagni 1864.

3) Die Stützzellen des menschlichen Hoden. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv, 1871. — Ferner: Ueber die Entwickelungsvorgänge im Innern der Samenkanälchen. Dasselbe Archiv p. 644.

4) Untersuchungen über den Bau der Samenkanälchen und die Entwickelung der Spermatozoiden. In *Rollett's* Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. II. Heft. 1871.

Es unterliegt keiner Frage, dass das beschriebene Stützsystem und Keimnetz an Schnittpräparaten vorhanden ist, zu entscheiden wäre nur die Natur desselben. Nach Analogie mit anderen Drüsen könnte an ein ähnliches reticuläres Bindegewebsnetz gedacht werden, wie es *Boll* in den acinösen Drüsen als intraalveoläres beschrieb, oder es könnten die fraglichen Gebilde aus einem Netzwerke scheidewandartiger Häutchen bestehen, endlich Drüsengangcapillaren sein, die zwischen den Drüsenzellen liegen.

Häutchen und Capillarräume können gleich ausgeschlossen werden, da die betreffenden Gebilde als solide, von zwei scharfen Contouren begrenzte homogene, glänzende Balken erscheinen, die verdickte Knotenpunkte besitzen und oft in das Lumen des Samenkanälchens frei hineinragen. Die Knotenpunkte verbinden sich mit anderen Balken, so dass ein Netzwerk mit rundlichen Maschen gebildet wird, das zwischen den Samenzellen bis an die Wand der Samenkanälchen verfolgt werden kann.

Ich habe mich überzeugt, dass sowohl die fraglichen Stützzellen, als auch das Keimnetz identisch sind mit jener zwischen den Samenzellen vorkommenden zähen Flüssigkeit, die nach dem Tode gerinnt, bei Einwirkung erhärtender Agentien sehr starr wird, und da sie die Spalträume zwischen den Samenzellen ausfüllt, ein eigenthümliches netzartiges Gefüge annimmt.

Die Gründe hierfür gebe ich in Folgendem an:

An Zupfpräparaten frischer Hodenkanälchen findet man nur Samenzellen, Samenfäden und Theile von Spermatoblasten, die den Stützzellen entsprechenden Gebilde sind nicht vorhanden. Zwar können auch hier die Hälse abgerissener Spermatoblasten mit Stützzellen verwechselt werden, bei genauerem Nachsehen überzeugt man sich jedoch leicht von der Täuschung. Mehrere Stunden nach dem Tode findet man schon auch an Zupfpräparaten Gebilde, die den beschriebenen Stützzellen entsprechen; dass diese aber ihren Ursprung bloss der eingetretenen Gerinnung verdanken, beweist der Umstand, dass wenn man die Hodenstückchen in 10 Proc. Kochsalzlösung legt, keine Spur der Stützzellen vorhanden ist, denn die geronnene Zwischenzellenflüssigkeit wurde durch die Kochsalzlösung aufgelöst. — An Schnittpräparaten findet man die Stützzellen und das Keimnetz um so entwickelter und schärfer in die Augen fallend,

je länger der betreffende Hoden in starkem Alkohol gelegen hat und mithin eine consistentere Gerinnung der Zwischensubstanz eingetreten ist. Da die geronnene zähe Flüssigkeit äusserst feinkörnig und stark lichtbrechend ist, sieht man sie besser in Medien, die weniger aufhellen als Canadabalsam, z. B. in wässerigem Glycerin oder Kali aceticum. Den sichersten Beweis aber, dass man es hier mit einem Kunstproducte zu thun habe, gewähren die Durchschnitte solcher Samenkanälchen, deren Lumen entweder in Form eines Ringes (Fig. 7 *a*) oder in toto mit geronnener Masse ausgefüllt ist. Man sieht die Substanz dieses Ringes sich gegen die innerste Reihe der Samenzellen in Zacken ausziehen, die unmittelbar in das Stützsystem übergehen. Auch findet sich oft, dass an Stellen, wo der Schnitt ein Samenkanälchen schräg traf und bei der nachherigen Behandlung ein Theil der Samenzellen herausgefallen ist, das Stützwerk intact zurückbleibt (dieselbe Figur *b*), und in diesem Stützwerke keinerlei zellige Elemente oder Zellkerne zu sehen sind, sondern das ganze überall ein gleichmässiges stark lichtbrechendes Ansehen darbietet und an vielen Stellen sogar schon ganz entwickelte Samenfäden in seine Substanz eingebettet zeigt. Die Flüssigkeit musste bei der Gerinnung die Form annehmen, die sie zwischen den Samenzellen in flüssigem Zustande hatte; die Samenzellen selbst werden nach der Gerinnung in den Lücken des Netzes zurückbleiben, und so wird die Möglichkeit zur Verwechselung mit einem vorhandenen Stützzellensysteme gegeben sein.

Als fernere Beweisgründe für meine Behauptung führe ich an, dass diese Stützsubstanz sich mit Carmin schlecht färbt, keine Zellstruktur besitzt, und dass endlich beim Heben und Senken des Tubus gut zu sehen ist, wie sie sich als schaliger Erguss um und zwischen die Leiber der Samenzellen ausbreitet.

Wenn ich diese verästelten Gebilde als Kunstproducte, entstanden durch die Gerinnung einer die Zwischenräume der Samenzellen ausfüllenden zähen Flüssigkeit bezeichne, so stehe ich damit nicht allein. Auch Prof. *G. Schwalbe* beschreibt in den Brunner'schen Drüsen [1]) ein ähnliches Product, durch das er die von anderen Forschern gesehenen Drüsengänge

---

1) Beiträge zur Kenntniss der Drüsen der Darmwandungen. In *M. Schultze*'s Archiv f. mikr. Anat. VIII. Bd. p. 116.

zwischen den Drüsenzellen zu erklären sucht, und seine Beschreibung stimmt ganz mit den im Samenkanälchen vorkommenden Verhältnissen überein. Der chemische Charakter dieser Substanz kann natürlich schwer entschieden werden. Dass es eine Eiweisssubstanz ist, kann jedenfalls angenommen werden; aus der Löslichkeit in 10 Proc. Kochsalzlösung wäre, wie es *Schwalbe* für die Brunner'schen Drüsen bemerkt, auf eine mit Myosin verwandte Eiweissart zu schliessen.

Das Stützsystem ist ganz verschieden von den Spermatoblasten. *Merkel*[1]) macht zwar *v. Ebner* zum Vorwurfe, Letzterer habe die Stützzellen verkannt, und sie als Spermatoblasten gedeutet. Dies ist nicht der Fall, die von *v. Ebner* beschriebenen Spermatoblasten sind vom Stützsysteme grundverschiedene Dinge und wirklich vorhanden. Vielmehr scheint *Merkel* ausser dem Stützwerke auch die Spermatoblasten schon gesehen, sie aber auch zum Stützwerke gerechnet zu haben; manche Punkte seiner Beschreibung lassen dies folgern. Ich verweise nur auf jene Stellen, wo er sagt: die Stützzellen zeigen eine radienförmige Anordnung, ihre breiten Basen sind gegen die Wand der Samenkanälchen gerichtet, haben keine fadenförmigen Fortsätze u. s. w., was so ziemlich auf die Anordnung der Spermatoblasten passt.

Ich wende mich nun zur Beschreibung des Inhaltes solcher Samenkanälchen, die Samenfäden produciren. Diese enthalten verschiedene Entwickelungsstadien eigenthümlicher Zellen, die *v. Ebner* Spermatoblasten nannte.

Wie schon erwähnt, habe ich die Spermatozoenentwickelung im Grossen und Ganzen so gefunden, wie sie *v. Ebner* beschreibt, nur hinsichtlich des Keimnetzes und der Natur der Spermatoblasten, als Productionen aus diesem, kann ich mit ihm nicht einverstanden sein. Das Keimnetz ist die zwischen den Zellen der Wandschicht geronnene zähe Flüssigkeit. Hinsichtlich der Natur der Spermatoblasten schliesse ich mich aber ganz der Ansicht von *E. Neumann*[2]) an: sie sind besondere Modificationen der äussersten Zellenschicht. Wegen ihrer eigen-

1) Ueber die Entwickelung etc. p. 649.

2) Ueber die Entwickelung der Samenfäden. Im Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften 1872. No. 56.

thümlichen Gestalt mögen sie immerhin den von *v. Ebner* gewählten treffenden Namen der Spermatoblasten behalten.

Im Katerhoden geht die Spermatozoenentwicklung folgendermassen vor sich:

Die Zellen der Wandschicht werden zur Brunstzeit kubisch und wachsen zu eigenthümlich gestalteten Cylinderzellen aus, die eine breite Basis und dünnen Hals besitzen (Fig. 7 *b*). Es sind das die Spermatoblasten. Anfangs ist an ihnen die Gestalt einer Cylinderzelle noch zu erkennen (*b*), später verschmälert sich der Hals so sehr (*c*), dass man ihn nur an sehr feinen Schnitten als fadenförmigen Verbindungstheil zwischen Kopf und Basis der Zelle erkennt. Das kolbenförmige Ende zeigt gleich bei seinem Entstehen Einschnürungen und nimmt eine maulbeerartige Gestalt an. In jeder der kleinen Hervorragungen entsteht ein Kern, der zum Kopfe des Spermatozoon wird, während das Protoplasma des kleinen Läppchens zum Schwanze auswächst. Auf diese Art producirt ein jeder Spermatoblaste 9—10 Spermatozoen, die man an Zupfpräparaten noch zu Gruppen vereinigt findet. Bei der Entleerung gehen die Schwänze der Spermatozoen immer voran.

Es ist hieraus zu ersehen, dass ein jedes Spermatozoon ein Protoplasmatheil des Epithels der Samenkanälchen ist. Eine Analogie zwischen Ei und Samenfaden existirt nur insofern, als beide Epithelbildungen sind, der wesentliche Unterschied aber ist der, dass während das Ei einer ganzen Epithelzelle entspricht, das Spermatozoon nur einen Theil derselben repräsentirt.

Im thätigen Hodenkanälchen finden sich ausser den Spermatoblasten auch die indifferenten Samenzellen. Sie liegen radienartig zwischen den Spermatoblasten zu drei bis vieren. Diese Zellen gehen schon in den gewundenen Samenkanälchen meist zu Grunde, und werden zur flüssigen Zwischenzellsubstanz. Einige derselben findet man manchmal noch im Hodennetze, sogar im Nebenhodenkanal.

Schliesslich noch einige Worte über die Art der Darstellung der Spermatoblasten. Zur Herstellung feiner Schnitte glaube ich eine bessere Behandlungsweise und ein besseres Object, als es *v. Ebner* angiebt, gefunden zu haben. Ebner machte seine Untersuchungen grösstentheils an Rattenhoden,

wegen der Weite der Samenkanälchen und Grösse der Spermatozoen. Diese Vorzüge sind zwar nicht zu verkennen, doch hat der Rattenhoden den Nachtheil, dass sein weiches interstitielles Gewebe zur Herstellung feiner Schnitte eine Einschmelzung der betreffenden Hodenstückchen in heissem Wachs nothwendig macht. Ausser der Umständlichkeit dieses Verfahrens könnte man nebenbei immerhin an Kunstproducte denken. Der Kater- und Eberhoden besitzen den Vortheil, dass sie bei gehöriger Erhärtung feine Schnitte auch aus freier Hand erlauben. Besonders schöne und gleich erkennbare Spermatoblasten besitzt der Katerhoden. Um gut erhärtete Präparate zu erhalten, injicirte ich zunächst Ueberosmiumsäure von 1 Proc. durch Einstich in die Lymphgefässe und legte dann die betreffenden Stücke in starken Alkohol. Zur Färbung benutzte ich die von *Schweigger-Seydel* angegebene saure Carminlösung, zum Einschliessen Glycerin. Auch das von *v. Ebner* angegebene Verfahren (Müller'sche Lösung und Alkohol, nachher Färbung mit Hämatoxylin und Einschluss in Dammarlack) fand ich gut, doch lassen sich mit Glycerin die feinen Texturverhältnisse besser erkennen, als nach starkem Aufhellen in Nelkenöl.

Dass die wahre Spermatozoengenese verhältnissmässig spät erkannt wurde, hat hauptsächlich seinen Grund in der Schwierigkeit der Bereitung feiner Hodenschnitte, ferner werden die Spermatoblasten leicht verkannt und anders gedeutet. Ich erwähnte schon, dass die indifferenten Samenzellen die schmalen Hälse der Spermatoblasten so sehr verdecken können, dass man keinen Zusammenhang zwischen Basis und Kopf findet und letzterer dann als selbstständiges Gebilde erscheint. Solche rundliche, vielkernige Spermatoblastenköpfe mögen die Ursache zur Aufstellung der Spermatozoenentwickelung aus vielkernigen Zellen, den sogenannten Samencysten, gewesen sein. Die Verwechselung findet um so leichter Statt, als die schwachen Hälse der Spermatoblasten an Zupfpräparaten leicht reissen und in der Flüssigkeit frei herumschwimmend für jene Cysten gehalten werden können. Aber auch an Schnitten kann man solche freien Cysten erhalten, wenn nämlich irgend ein Kanälchen schräg getroffen wurde, so dass die abgeschnittenen Spermatoblastenköpfe frei in das Lumen des Kanälchens hineingefallen sind. Uebrigens sind nicht alle diese Cysten von abgerissenen Sper-

matoblastenköpfen herzuleiten, sondern, worauf schon *Henle*[1]) aufmerksam gemacht hat, es können die das Lumen der Samenkanälchen manchmal ausfüllenden Eiweisskugeln ausgebildete Spermatozoen in sich aufnehmen und so zur Verwechselung mit Cysten, in denen sich Spermatozoen entwickeln, Veranlassung geben.

B. Das Zwischengewebe des Hodens.

Die allgemeine Form des Bindegewebsgerüstes wird sich nach jenen Räumen richten, die die Samenkanälchen zwischen sich lassen. Zum Studium dieser gröberen Verhältnisse ist das Maceriren von Hoden, deren Albuginea abgezogen wurde, in Jodserum vortheilhaft, wo dann der Inhalt der Läppchen unter Wasser mit zwei Pincetten gut entfernt werden kann.

Man muss vor Allem festhalten, dass, wie es schon bei *Lauth* beschrieben ist, eine durchgreifende Theilung des menschlichen Hoden in Läppchen nicht existirt. Vom Corpus Highmori strahlen Scheidewände aus, die die schmalen Enden der Hodenkegel nur in der Nähe des Rete testis vollständig von einander trennen; in den peripherischen Theilen des Hodens werden sie so schwach, dass sie bald als ein unregelmässiges Fachwerk in das Bindegewebe der Läppchen übergehen. Ferner gehen von dem lockeren Bindegewebe, das die Innenfläche der tunica albuginea von den Samenkanälchen trennt[2]), andere, mit jenen vom Corpus Highmori ausstrahlenden Scheidewänden nicht direkt zusammenhängende Fortsätze aus. Doch sind diese schwach und verlieren sich bald in der Rindenschicht.

Ich will hier beiläufig einige Verhältnisse des Highmor'schen Körpers erwähnen. Dieser liegt bei vielen Säugern in der Axe des Hodenkörpers, durchsetzt letzteren jedoch nicht ganz, sondern endet mit einer kolbenartigen Abrundung in einer Entfernung vom entgegengesetzten Pole des Hoden, die der Länge eines Hodenläppchens entspricht. Beim Menschen und bei den grösseren Säugethieren ist das Bindegewebe des Highmor'schen Körpers fest, fibrös, bei kleineren, z. B. Kaninchen

---

1) Eingeweidelehre p. 357.

2) Dieses lockere Bindegewebe wurde von *A. Cooper* tunica vasculosa genannt.

und Meerschweinchen, sehr zart. Manche Thiere, z. B. Ratte, Vögel, besitzen gar keinen eigentlichen, von der tunica albuginea ausgehenden Highmor'schen Körper, sondern die geraden Samenkanälchen gehen unmittelbar in die abführenden Samengefässe (vasa efferentia) über. Solche Thiere besitzen keine Scheidewände, demgemäss ist auch der Hoden in keine Läppchen getrennt.

Das Zwischengewebe des Hodens besteht ausser den Blutgefässen aus Bindegewebe und aus den interstitiellen Zellen. Die letzteren sind hinsichtlich ihres quantitativen Verhältnisses bei einzelnen Thieren so verschieden, dass man die Hoden hiernach in zwei Gruppen theilen kann: bei der einen, der grösseren Gruppe, überwiegt das sog. faserige Bindegewebe, während bei der anderen Gruppe die Räume zwischen den Samenkanälchen fast vollständig von interstitiellen Zellen ausgefüllt werden. Zur ersteren Gruppe zählt ausser dem Menschen der Hund, das Kaninchen, das Meerschweinchen, der Stier, zur zweiten die Ratte, der Kater, der Eber und angeblich das Pferd (letzteres zu untersuchen hatte ich keine Gelegenheit).

Beide Formen des Zwischengewebes mögen nun einzeln zur Sprache kommen.

Ueber das faserige Bindegewebe des Hodens besitzen wir nur kurze Angaben von *Ludwig* und *Tomsa*[1]. Nach diesen Forschern besteht das Bindegewebe des Hodens beim Menschen und einigen von ihnen untersuchten Thieren (Hund, Pferd) bloss aus Bindegewebsfibrillen, die von der Adventitia der Blutgefässe zur Wand der Samenkanälchen ziehen und die gegenseitige Lagerung dieser Theile sichern.

Ich kam beim Studium dieses Gewebes bald zur Ueberzeugung, dass Zupfpräparate keine genügende Aufklärung geben, da sie keine Uebersicht der natürlichen Lagerung der Bindegewebsbündel zulassen. Ich wandte mich deshalb zu Schnittpräparaten und fand im Kaninchen ein Thier, dessen zartes Hodenbindegewebe für das Studium besonders vortheilhaft ist.

Um beim Kaninchen das Zwischengewebe an Schnitten untersuchen zu können, spritzte ich durch Einstich $^1/_4$procentige

1) Die Lymphwege des Hoden. In den Sitzungsberichten der Wiener Ak. d. Wissenschaften 1861. Juliheft p. 224.

Ueberosmiumsäure in dessen Lymphgefässe, legte dann den Hoden in absoluten Alkohol und färbte die Schnitte mit Hämatoxylin. Zur Controle dienten Zupfpräparate frischer und derartig eingespritzter Hoden in Kali aceticum.

Bei starker Vergrösserung sieht man an einem Schnittpräparate Folgendes (Fig. 8): Das ganze Gewebe besteht aus feineren und gröberen Bindegewebsbündeln und sogenannten Häutchen- oder Endothelzellen, die theils die Bindegewebsbündel umscheiden, theils zu Lamellen verbunden sind, welche letzteren man Endothelhäutchen nennen kann. Die aus feinen, schwach contourirten Fibrillen zusammengesetzten Bündel sind zu einem Netzwerke verflochten, dessen Lücken zwischen 0.04—0.06 Mm. variiren. Das Netzwerk selbst hat vorzugsweise einen lamellösen Bau, d. h. bietet eine schichtenweise Anordnung dar, doch kommen zahlreiche Verbindungsbalken vor, die sich von den Bündeln einer Lamelle abheben und in die Fibrillen einer nachbarlichen Lamelle übergehen. In den Maschenräumen, die diese Bindegewebsbündel zwischen sich fassen, sieht man am Rande der Bündel die hervorragenden, ovalen (0.012 Mm. langen, 0.009 Mm. breiten) Kerne der Endothelien, die ein ganz kleiner Hof von feinsten Körnern umgiebt. Die durchsichtigen, kaum erkennbaren Zellkörper der Endothelien umhüllen die Bindegewebsbalken, bilden also um diese förmliche Scheiden. Man erkennt dies theils an Stellen, wo die Scheide gesprengt wurde, theils an den Knotenpunkten der Balken, wo sich die Hülle in den Winkeln halbmondförmig abhebt.

Ueber die feineren Bindegewebsbündel spannen sich aber auch förmliche Membranen von Endothelien aus, erkennbar am feingranulirten Baue und den Kernen der Endothelien, die theils in regelmässigen Abständen vorkommen, theils zu mehreren gruppirt sind. Gegen die Blutgefässe (*b*) und Samenkanälchen (*aaaa*) sind die Bindegewebsbündel feiner und bilden um diese Röhren herum ein äusserst zartes Netzwerk, das grösstentheils von Endothelzellen bedeckt ist, so dass also Blutgefässe und Samenkanälchen von Endothelscheiden umhüllt werden. Hat man ein Endothelhäutchen isolirt und untersucht man es bei starker Vergrösserung in Kali aceticum — Glycerin muss wegen der zu stark aufhellenden Wirkung vermieden werden —, so sieht man in dem

feingranulirten Häutchen zahlreiche äusserst feine Oeffnungen, die wahrscheinlich den Punkten entsprechen, wo drei bis vier Endothelzellen zusammenstossen. Ich werde auf die Bedeutung dieser Oeffnungen für die Strömung der Lymphe in der Wand der Samenkanälchen noch zurückkommen.

Diese und noch weitere Untersuchungen ergeben also, dass die Beschaffenheit des Hodenbindegewebes so ziemlich demjenigen des Subarachnoidealgewebes ähnlich ist, wie jenes in M. Schultze's Archiv von *Axel Key* und *G. Retzius* beschrieben wurde[1]). Nur konnte ich mich für den Hoden nicht überzeugen, dass die Endothelhäutchen von zwei Zellenlagen, zwischen denen die feinen Fibrillenbündel verlaufen, gebildet würden.

Es kommt hier noch ein anderes, interessantes Verhältniss vor. Die Bindegewebsbündel gehen nämlich, wie erwähnt wurde, gegen die Blutgefässe und Samenkanälchen in immer feinere Reiser über, die, mit Endothelien bedeckt, förmliche Scheiden um diese Röhren herum bilden. Bei den Samenkanälchen besteht eigentlich kein besonderer Unterschied zwischen dieser Scheide und der Wand selbst, da auch dieses aus ähnlichen Lamellen zusammengesetzt ist. Anders ist es bei den Blutgefässen. Zwar gelingt es nicht immer an Zupfpräparaten, die Scheiden um die Gefässe herum in ihrer Continuität ganz zu erhalten, da sie während des Zupfens beschädigt werden können, oder so enge an der Gefässwand anliegen, dass ihre Anwesenheit nur an den hervorstehenden Kernen zu erkennen ist. Doch bekommt man bei etwas sorgfältiger Behandlung hinlänglich überzeugende Bilder, besonders an Stellen, wo sich die Scheide von der Wand etwas abgehoben hat. Ein derartiges Haargefäss des Kaninchenhodens zeigt Fig. 10, wo durch die Ablösung ein umhüllender Raum zwischen dem Gefässe und der Scheide entstanden ist. Die Kerne des Haargefässes sind etwas grösser und länger, als die der Scheide, so dass sie leicht von diesen unterschieden werden können. — Eine kleine Vene aus dem Hundehoden zeigt Fig. 11 mit einer Endothelscheide um die interstitiellen Zellen herum. Diese letzteren bilden um die Gefässe an vielen Stellen vollständige Scheiden,

---

1) Im IX. Bd., 2. Heft, 1873. Studien in der Anatomie des Nervensystemes, p. 320.

und ausserhalb dieser von interstitiellen Zellen gebildeten Scheide findet sich noch eine zweite Endothelhülle. Die erstere ist nicht etwa die optische Queransicht einer Ringmuskulatur; die mit Ueberosmiumsäure behandelten Zwischenzellen färben sich so eigenthümlich, dass man sie auf den ersten Anblick erkennt. Die Endothelscheide ist an den glänzenden, längs der Hülle des Gefässes in regelmässigen Abständen vorkommenden Kernen um so leichter zu erkennen, da sie sich an manchen Stellen von den Zwischenzellen abgehoben hat. — Aehnliche Bilder von Endothelscheiden erhält man auch an den interstitiellen Zellsträngen.

Ein derartig beschaffenes Bindegewebe findet sich nicht nur in den Läppchen, sondern auch in den Scheidewänden und an der inneren Fläche der Sehnenhaut (der tunica vasculosa A. Cooperi). Nur sind an diesen Stellen die Bindegewebsbalken gröber und bilden ein Netzwerk mit grösseren Maschen.

Bei den übrigen Thieren ist das Bindegewebe ähnlich wie beim Kaninchen. Der menschliche Hoden ist zur Untersuchung dieser Verhältnisse weniger geeignet, da die Maschen des Netzes sehr enge sind, ferner die Endothelscheiden unbeschädigt nur an ganz frischem Materiale erhalten werden können.

Das Vorhandensein von Endothelien im Hodenbindegewebe erklärt einige vereinzelte Beobachtungen, die von andern Forschern nicht bestätigt werden konnten. Die von *Valentin* [1]) in der Wand der Samenkanälchen beschriebenen glatten Muskelfasern sind eben nichts als Endothelkerne; aber auch die Behauptung *Rouget*'s [2]), in den Septen fänden sich glatte Muskelfasern, wird hierdurch erklärlich, denn da die Bindegewebsbündel in den Scheidewänden meistens parallel zu einander verlaufen, geben sie bei mit dichtem Bindegewebe versehenen Hoden, wie dem des Menschen, ähnliche Bilder, als wären zwischen den Bündeln Kerne glatter Muskelfasern vorhanden. Dass diese nur die zwischen den Bindegewebsbündeln anliegenden Endothelkerne von der Kante gesehen sind, lässt sich aus dem Erörterten leicht schliessen. Schon *Henle* [3]) weist darauf hin, dass die

---

1) *R. Wagner*'s Handwörterbuch der Physiologie, I. Bd. p. 785.
2) Compt. rend. I. 4. p. 902.
3) O. c. p. 351.

von *Rouget* gesehenen Muskelfasern jene verlängerten Kerne sein könnten, die in den Scheidewänden vorkommen, doch erklärt er sich hinsichtlich der Natur dieser Kerne nicht.

Ich wende mich nun zur Erörterung einiger Verhältnisse der Zwischenzellen.

Bekanntlich sind diese eigenthümlichen, im Bindegewebe des Hodens vorkommenden Zellen zuerst von *Kölliker* beschrieben und seitdem auch von anderen Forschern untersucht worden.

Erst kürzlich ist darüber eine Arbeit von *Fr. Hofmeister* [1]) erschienen, deren Resultate ich bestätigen kann. Nur einige Zusätze mögen hier Platz finden. An die bereits auf diese Zellen untersuchten Thiere kann ich noch den Ziegenbock, und einige Vögel (Taube, Hahn) reihen. Beim Bock sind sie nicht verschieden von den Zellen anderer Säugethiere; bei den Vögeln aber sind sie sehr klein und spärlich, wie überhaupt das Zwischengewebe dieser Thiere gering ist, und liegen zu 2—3 an den Punkten, wo mehrere Samenkanälchen zusammenstossen.

Trotz dieser allgemeinen Verbreitung ist ihre Menge bei den einzelnen Thierarten sehr verschieden, und in dieser Hinsicht lässt sich kein bestimmtes Verhältniss zum Bindegewebe erkennen. Dass die Zwischenzellen in einem gewissen antagonistischen Verhältnisse zum fibrillären Bindegewebe stehen, d. h. bei geringer Menge dieses reichlich vorhanden sind, ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, doch giebt es Hoden, wo beide in sehr spärlicher Menge vorhanden sind. Hieraus folgt, dass eine rein mechanische Deutung dieser Zellen nicht angenommen werden kann, als ob sie ein weiches schützendes Polster für die Samenkanälchen darstellten. Dagegen spricht auch, dass sie bei Thieren vorhanden sind, die ihre Hoden in der Bauchhöhle tragen, z. B. beim Meerschweinchen, bei der Ratte.

Die allgemeine Anordnungsart der interstitiellen Zellen ist die Strangform. Diese Anordnung ist auch bei jenen Thieren vorhanden, wo die Zellen die Räume zwischen den Samen-

---

1) Untersuchungen über die Zwischensubstanz im Hoden der Säugethiere. Sitzungsberichte der W. Ak. d. Wissensch. 1872, Märzheft.

kanälchen ganz ausfüllen (Eber, Kater[1]). An Schnitten solcher Hoden erhält man das vollständigste Bild von Drüsengängen. Die strangartige, eigentlich schichtenweise Anordnung der Zwischenzellen ist dadurch bedingt, dass an vielen Stellen zwischen den einzelnen Schichten Endothellamellen eingeschaltet sind. Am besten kann man sich hiervon am Katerhoden überzeugen. Man sieht hier an günstig behandelten und gefärbten Schnitten zwischen den Reihen der interstitiellen Zellen die in regelmässigen Abständen liegenden Kerne der Endothelien sehr gut, ebenso bemerkt man, dass diese Lamellen an vielen Stellen auseinanderweichen und so die grösseren Lymphräume von den Zwischenzellen scheiden.

Der Katerhoden ist überhaupt zum Studium der Zwischenzellen sehr geeignet. Die durch gelbliches Pigment gefärbten Zellen dieses Thieres gleichen in Vielem den Leberzellen. Sie sind 0.014—0.020 Mm. gross und besitzen einen scharfen, runden Kern von 0.005 Mm. Der letztere ist also im Verhältniss zur Grösse der Zelle gering, was beim Hoden grösserer Thiere, z. B. Eber, noch mehr auffällt. Reichthum an Protoplasma, Fett und Pigment sind das Charakteristische dieser Zellen bei allen Thieren. Das Pigment kann auch in sehr geringer Menge vorhanden sein, die Fettkörnchen sind aber stets in grosser Menge vorhanden. Selbst im Hoden eines ganz ausgehungerten Hundes waren sie noch erhalten.

Die Form der Zellen ist im Allgemeinen polygonal, oder mehr oder weniger rundlich, — bei der Ratte und dem Kaninchen sind auch mit Fortsätzen versehene Zwischenzellen vorhanden. Bei starker Vergrösserung sieht man an Schnittpräparaten, dass diese Zellen Gänge zwischen sich fassen, nicht unähnlich den Gallengangcapillaren der Leber. Später, bei den Lymphgefässen, werde ich noch Gelegenheit haben hierauf zurückzukommen.

Ganz eigenthümlich ist die Lagerung dieser Zellen im Rattenhoden, die in *v. Ebner*'s Abhandlung sehr gut beschrie-

---

1) Es scheint, dass diese Zellen mit dem Alter des Thieres zunehmen. Bei einem jungen Kater fand ich ihre Menge sehr gering, meist in halbmondförmigen Gruppen um die Samenkanälchen, während sie bei einem alten Exemplare in einer Fülle vorhanden waren, wie es Fig. 7 zeigt.

ben ist. Beim Hunde und Kaninchen begleiten sie theils in Form von Strängen die Gefässe, oder bilden um diese vollkommene Scheiden (Fig. 2). Dass um diese interstitiellen Scheiden herum noch Endothelscheiden vorkommen, habe ich schon erwähnt. Auch um die Zellstränge findet man oft solche Scheiden. Wo die interstitiellen Zellen zu Gruppen vereinigt sind, werden sie durch Endothellamellen von den umgebenden Lymphräumen geschieden.

Was die Natur der Zwischenzellen betrifft, so ist man jetzt so ziemlich einig darüber, dass sie zu den Bindesubstanzen zu rechnen sind. Diese Ansicht wurde zuerst von *Kölliker* ausgesprochen, der sich auch *v. Ebner* und *Hofmeister* anschliessen. Ich glaube, dass die Zellen eine viel allgemeinere Bedeutung und Verbreitung im Körper haben, als bis jetzt angegeben wurde. In den Corporibus luteis der Ovarien (bei Kuh und besonders Stute) sah ich ähnliche Zellen wie im Eberhoden, — ferner scheinen die Zellen in der Steiss- und Carotidendrüse hierher zu gehören. Aus einer Arbeit von *A. v. Brunn*[1]) erfahren wir, dass die Zellen in der Rindenschicht der Nebenniere um die Gefässe herum ebenfalls vollständige Scheiden bilden, ein Verhalten, das wir beim Hoden wiederfinden.

C. Die Lymphbahnen des Hodens.

Ich schliesse der Beschreibung des Bindegewebes gleich die der Lymphwege an, da beide zu einander in innigster Beziehung stehen. Einen Aufschluss über die Lymphbahnen kann nur die richtige Auffassung des Bindegewebes geben. Ich gebrauche absichtlich die Benennung von Lymphbahnen und nicht Lymphgefässen, da im Hoden eigentliche, von röhrenartigen Wänden umschlossene Gefässe nicht vorkommen. Vorher einige Worte über die bisherigen Ansichten in dieser Hinsicht.

Die ersten eingehenderen Angaben über die Lymphgefässe im Hoden besitzen wir von *Ludwig* und *Tomsa*[2]), denen zu-

1) Ein Beitrag zur Kenntniss des feineren Baues und der Entwickelungsgeschichte der Nebennieren. Im VIII. Bde. des Archivs f. mikr. Anat. von M. Schultze.

2) Die Lymphwege des Hoden. Sitz. d. W. Ak. d. Wiss. 1861. Juliheft.

folge die Anfänge derselben in den Bindegewebsräumen zu suchen sind, die in den Hodenläppchen zwischen den Wandungen der Samenkanälchen und Blutgefässe liegen: »ihre einzige Begrenzung besteht aus den lose aneinandergefügten Fibrillen der beiden Wandungen der Samenkanälchen und Blutgefässe«[1]. Eigentliche Lymphgefässe kommen nach *Ludwig* und *Tomsa* bloss in den Septen vor, in die jene wandungslosen Lymphräume münden.

C. Tommasi[2]) zeigte darauf mit Hülfe der Silbermethode, dass diese Lücken nicht wandungslos seien, sondern von ähnlichen Zellen ausgekleidet werden, wie sie sonst die Lymphcapillaren begrenzen. Diese Lakunen gehen in den Septen in Lymphgefässe über.

Alle späteren Forscher beschreiben in den Läppchen selbst mit selbstständigen Wandungen versehene Lymphgefässe, die die Samenkanälchen dicht umspinnen sollen, so zunächst *H. Frey*[3]), der seine Beobachtungen an Hoden anstellte, die mit farbigen Massen injicirt waren, ferner *W. His*[4]) und *A. Kölliker*[5]), die bei ihren Untersuchungen sich der Silbermethode bedienten. Dass aber mit diesen angenommenen Lymphcapillaren die Lymphbahnen des Hodens nicht endgiltig aufgeklärt sein mochten, beweist jene Stelle in *Kölliker*'s Handbuch, wo er angiebt, an der äusseren Oberfläche der Samenkanälchen ebenfalls Zellcontouren erhalten zu haben. Dieselben »scheinen ihm weiteren terminalen Lymphsinus anzugehören, deren Verbindung mit den von *His* und mir gesehenen Gefässen noch nicht nachgewiesen ist.«

Bei der Beschreibung der Lymphbahnen des Hodens ist es zweckmässig, zwischen Hoden, deren Zwischensubstanz hauptsächlich aus faserigem Bindegewebe besteht, und jener anderen Art, wo die interstitiellen Zellen überwiegen, zu unterscheiden und die Schilderung mit den ersteren zu beginnen.

Während man bisher sich zum Studium der Hodenlymph-

---

1) Op. c. p. 232.

2) Ueber den Ursprung der Lymphgefässe im Hoden. In *Virchow*'s Archiv XXVIII, p. 370.

3) Zur Kenntniss der lymphatischen Bahnen im Hoden. *Virchow*'s Archiv. XXVIII, p. 563.

4) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie XIII, p. 469.

5) Gewebelehre p. 533.

gefässe der Einstich-Injectionen farbiger Massen bedient hat, kam ich nach mehreren Versuchen bald zur Einsicht, dass diese Methode der Untersuchung zur Erkenntniss der Endlymphbahnen unzulänglich ist. Weder Injectionen mit Berlinerblau, noch jene mit Leimmassen — am allerwenigsten den opaken — gaben hinlänglichen Aufschluss; — im Gegentheil, man erhält die täuschendsten Bilder und Kunstproducte. Dies wird nach der Auffassung des Bindegewebes klar, — Berlinerblau färbt die Endothelhäutchen und Bindegewebsbalken, welche letzteren dann Lymphcapillaren ähnlich sehen; bei Leiminjectionen hingegen tritt durch Behandlung mit Alkohol eine bedeutende Schrumpfung der Leimmasse ein, so dass die geschrumpften dünnen Leimfäden ebenfalls mit Lymphcapillaren verwechselt werden können.

Auch die Silberbehandlung fand ich nicht genügend, denn die zahlreichen Niederschläge auf die Bindegewebsbalken und Endothelhäutchen trüben vielfach das Bild; wenn man dann solche Objecte an Zupfpräparaten untersucht, erhält man nur die Zellcontouren und keinen Aufschluss, ob man es hier mit Lymphgefässen oder Lymphlakunen zu thun hat.

Ich halte für das Studium der Hodenlymphbahnen die beim Bindegewebe angegebene Methode, die Einspritzung von Ueberosmiumsäure, für die beste, weil man damit den ganzen Bau des Bindegewebes und dessen Verhältniss zu den Samenkanälchen und Blutgefässen in der natürlichen Lage übersieht.

Da man sich an so behandelten Schnittpräparaten des Kaninchenhodens leicht überzeugt, dass das Bindegewebe aus einem Maschenwerke von feineren und gröberen Bindegewebsbündeln besteht, die alle mit Endothelien umhüllt sind, ferner dass die Samenkanälchen und Blutgefässe ebenfalls Endothelscheiden besitzen, so ist es klar, dass die Anfänge der Lymphbahnen in den Lücken zwischen den Bindegewebsbalken zu suchen sind. Man kann sich für diese Räume nicht des Namens von wandungslosen Lücken bedienen, denn die Lymphe ist von den Bindegewebsfibrillen durch die Endothelien der Bündel, von den Blut- und Samenkanälchen durch Endothelhäutchen geschieden; doch mag man immerhin bedenken, dass diese Endothelien nicht selbstständige Wände der Lymphbahnen bilden, da sie wesentliche Bestandtheile der Binde-

gewebsbündel sind und nicht derartig in die Bestandtheile der Lymphbahnen eingehen, wie die differenten Endothelien in den Wänden von Lymphgefässen. Für das Endresultat bleibt sich dies aber gleich: die Lymphe kreist in Räumen, die durch Endothelien — von etwas anderer Natur als in den Gefässen — abgeschlossen werden.

Eine andere Frage, die hier erörtert werden muss, ist das Verhältniss der Samenkanälchen zum umfliessenden Lymphstrome, ob sie nämlich unmittelbar in der Lymphe so zu sagen suspendirt, oder von dieser durch die erwähnten Endothelscheiden vollständig geschieden sind.

Die Lösung dieser Frage fällt mit der nach dem Bau der Samenkanälchenwand zusammen. In letzterer Hinsicht wurde schon die Ansicht ausgesprochen, dass die Wand aus Endothellamellen besteht. Die Oberfläche der Samenkanälchen wird nach Aussen von jener äussersten Endothelscheide abgeschlossen, welche die von den Bindegewebsbalken zu den Samenkanälchen ziehenden und diese umspinnenden feinen Fibrillen bedeckt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dieser äussersten und den inneren Lamellen existirt nicht, es ist bloss die Frage zu erörtern, wie sich jene äusserste Schicht zu den umgebenden Lymphräumen und die einzelnen Lamellen zu einander verhalten.

Beim Bindegewebe wurde schon erwähnt, dass alle Endothelhäutchen von grösseren und kleineren Lücken durchbrochen sind; die grösseren liegen zwischen einzelnen Maschen der Fibrillen, die feinen an den Ecken, wo mehrere Endothelzellen zusammenstossen.

Derartige Oeffnungen besitzt auch die Aussenscheide, so dass also die umfliessende Lymphe von den übrigen Lamellen der Samenkanälchenwand nicht ganz geschieden ist, ferner auch die Spalträume untereinander communiciren, wofür jene eigenthümliche Injection der Kapseln mit Berlinerblau spricht, deren ich bei Besprechung der Samenwege schon Erwähnung gethan habe.

Wenn die Blutgefässe mit farbigen Leimmassen derartig injicirt werden, dass sich zufolge ihrer leichten Permeabilität auch die Lymphgefässe mit einer helleren Masse füllen, und nachher noch Berlinerblau durch Einstich injicirt wird, so sind die mit blauen Ringen umgebenen Samenkanälchen an vielen Stellen

des Objectes ziemlich scharf vom umgebenden Bindegewebe geschieden und fallen sogleich in die Augen (Fig. 2). Die blaue Masse dringt bis an den Inhalt der Samenkanälchen vor und ist von demselben nur durch eine scharfe, hie und da mit Kernen versehene helle, wellenartige Linie geschieden. Aus diesen und ähnlichen Bildern schliesse ich, dass nicht nur ausserhalb der Samenkanälchen, sondern in der Wand derselben selbst Lymphlücken vorhanden sind und zwar in Form von Spalten zwischen den einzelnen Lamellen, deren Communication durch die feinen Oeffnungen der endothelartigen Membranen unterhalten wird. Nur die innerste, als Drüsenmembran bezeichnete Schichte entbehrt dieser Oeffnungen, da sie die blaue Farbe nie in das Lumen der Samenkanälchen eintreten lässt.

Berücksichtigen wir diese Beobachtungen, so gewinnt es den Anschein, dass die Samenkanälchen bei allen Thieren die nämlichen Beziehungen zur Lymphbahn zeigen. Wo nämlich, wie bei den kleineren Thieren (Ratte, Maus), die Wand der Samenkanälchen bloss aus einer Lage von platten, häutchenartigen Zellen besteht, ist deren Inhalt von der umfliessenden Lymphe bloss durch diese eine Membran geschieden; — aber auch bei den grösseren Säugern, wo die Wand aus mehreren Lagen besteht, tritt die Lymphe nur durch eine Lage geschieden bis an den Samenkanälcheninhalt heran.

Wenn man also von End-, eigentlich Ursprungslymphbahnen im Hoden sprechen will, so sind diese in den Spalten der Samenkanälchenwand zu suchen. Von diesen Spalten tritt die Lymphe in die von Endothelien bedeckten Maschenräume der Bindegewebsbalken und von da aus in die Septen, in die tunica vasculosa oder in die Lymphkanäle des Highmor'schen Körpers. In den Septen und der tunica vasculosa bewegt sich die Lymphe in ähnlichen, von Endothelien bekleideten Maschenräumen zwischen den Bindegewebsbündeln. Im Corpus Highmori aber sind schon weitere und engere röhrenartige Lymphgefässe vorhanden, so auch in der eigentlichen Substanz der Albuginea.

Wie die Lymphgefässe von der Albuginea an den Samenstrang treten, dürfte aus *Ludwig*'s und *Tomsa*'s Untersuchungen hinlänglich bekannt sein, dessgleichen dass sie nur an der äus-

seren Peripherie des Samenstranges und nie in dessen Innerem verlaufen. An Querschnitten von Samensträngen, wo die Blut- und Lymphbahnen des Hoden mit verschieden gefärbten Massen injicirt wurden, kann man sich hiervon sehr gut überzeugen.

Es erübrigt noch, über die Lymphbahnen jener Thiere zu sprechen, wo die Interstitien der Samenkanälchen grösstentheils von Zwischenzellen ausgefüllt sind (Kater, Ratte, Eber und angeblich das Pferd).

Einstich-Injectionen mit Berlinerblau geben auch bei diesen Thieren keine klaren Bilder, — die blaue Masse dringt bei etwas stärkerem Drucke überall zwischen die Zellen ein, drückt sie gewaltsam auseinander und färbt deren Oberfläche. Auch hier zeigen sich Einstich-Injectionen mit schwacher Ueberosmiumsäure vortheilhaft, oder noch besser ist es, man untersucht bloss feine Schnitte von in Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol erhärteten Hoden, am besten vom Kater oder Eber. Man sieht an einem Katerhoden (Fig. 7) in der Masse der Zwischenzellen theils der Quere, theils der Länge nach getroffene weitere Gänge, an deren Wand die von der Kante gesehenen Kerne der Endothelien gleich zu erkennen sind. Diese Räume sind die grösseren Lymphstämme, eigentlich engere und weitere Lymphspalten, die die Lymphe in den Septen, tunica vasculosa und Highmor'schen Körper abführen. Diese secundären Lymphräume sind also leicht zu erkennen.

Etwas schwieriger ist zu entscheiden, wie sich die primären Lymphwege zwischen den Zellen verhalten, und wie die Lymphe von hier in jene beschriebenen grösseren Spalten gelangt.

Wenn man an genügend feinen Schnitten Gruppen von Zwischenzellen durchmustert, so sieht man, dass diese sich an vielen Stellen des Präparates nicht berühren, sondern schmale Spalten umgeben und mithin die schon erwähnte strangartige Anordnung zeigen. An anderen Stellen wieder, wo die Stränge der Quere nach getroffen wurden, sieht man, dass mehrere der Zellen kreisförmig gruppirt feine Lumina umschliessen. Diese Spalten und Lumina halte ich für die primären, eigener Wandungen entbehrenden Lymphbahnen. Von diesen primären Lymphschläuchen — wenn ich mich dieses Namens bedienen darf — gelangt die Lymphe in die grösseren, mit Endothel-

bekleidung versehenen Lymphräume, indem eine Communication zwischen ersteren und letzteren durch die Oeffnungen der Endothelhäutchen stattfindet.

D. Die Blutgefässe des Hodens und Nebenhodens.

Bekanntlich wird der Hoden von zwei Seiten her, von der A. spermatica interna und der A. deferentialis mit arteriellem Blute versorgt. Injicirt man durch beide Gefässe zu gleicher Zeit mit verschieden gefärbten Massen bei gleichem Drucke, so füllt sich von der Spermatica interna aus der Haupthoden und der Kopf des Nebenhodens, während die A. deferentialis bloss den Körper und Schweif des Nebenhodens versieht. Man kann jedoch von jedem Gefässe einzeln Hoden und Nebenhoden vollständig injiciren.

Der Plan der Gefässanordnung im Samenstrange geht darauf hin, bei den vielfältigen Lageveränderungen des Hodens stets einen gleichen Vorrath an Blut im Organe zu sichern. Dies wird theils durch die Kegelform des Gefässpacketes, theils durch die schiefe und senkrechte Durchbohrung der Sehnenhaut durch die Arterien und Venen bewerkstelligt. Ich brauche auf diese Verhältnisse nicht näher einzugehen, da sie in der citirten Arbeit *Ludwig*'s und *Tomsa*'s hinlänglich erörtert sind, so dass ich hier nur die Gefässvertheilung im Inneren des ganzen Organes besprechen werde.

Den Verhältnissen der Blutgefässe zu den Samenkanälchen ist bis jetzt nicht die gehörige Aufmerksamkeit geschenkt worden. Es ist zwar durchaus nicht schwer, vollkommene Injectionen zu erhalten, doch gelingt dies n u r a m f r i s c h e n H o d e n, womöglich vom lebenswarmen Thiere genommen. Vom menschlichen Hoden gelang es mir nie, vollkommene Injectionen zu erhalten, da ich sie nicht frisch erhalten konnte; auch die besten zeigen nur an manchen Stellen die Verhältnisse, wie sie an frisch getödteten Thieren erscheinen.

An gut injicirten Thierhoden überzeugt man sich von Folgendem:

Nachdem die A. spermatica interna die Sehnenhaut in schiefer Richtung durchbohrt, und in diese mehrere geschlängelt verlaufende Nebenäste gesendet hat, vertheilt sie sich im

Hodenparenchym von zwei Seiten her. Die Mehrzahl der Aeste tritt in das lockere Bindegewebe an der inneren Fläche der Albuginea (in die tunica vasculosa *A. Cooper's*), während eine geringere Zahl im Corpus Highmori verläuft. Von diesen zwei entgegengesetzten Seiten treten die Aeste in die Scheidewände und in die Basen der Läppchen, wo die aus ihnen hervorgegangenen Capillaren in einer besonderen Beziehung zur Wand der Samenkanälchen stehen.

Die Endverästelung der Capillaren finde ich nur bei *Lauth* richtig beschrieben. Er sagt: »*Ce système capillaire fait corps avec le parois des conduits seminifères, sur lesquels il se ramifie; il n'en peut pas être séparé.*« Die Capillaren liegen dicht an der Wand der Samenkanälchen und bilden um diese ein ziemlich entwickeltes Geflecht. Die instructivsten Bilder hierüber erhielt ich vom Eberhoden (Fig. 12). Die grösseren Gefässstämme verästeln sich stark geschlängelt zwischen den interstitiellen Zellen, während die Capillaren die Samenkanälchen so zu sagen ringförmig umspinnen.

Eigenthümlich ist der Verlauf der Blutgefässe im Rattenhoden, wo ich sie ganz der *Ebner*'schen Beschreibung entsprechend fand. Die grösseren Gefässe, Arterien und Venen verlaufen in den Ecken, wo mehrere Hodenkanälchen zusammenstossen und letztere werden durch die Haargefässe gleich den Sprossen einer Leiter verbunden. Auch beim Kaninchen und Meerschweinchen verlaufen die kleinen Arterien und Venen meist der Länge nach in den Knotenpunkten der Lücken zwischen den Samenkanälchen und schicken in querer oder mehr oder weniger schiefer Richtung die Capillaren an die Oberfläche der Hodenkanälchen, nur ist die ganze Anordnung keine so regelmässige, wie bei der Ratte.

Dass die Capillaren auch beim Menschen den Hodenkanälchen dicht anliegen, sieht man an einzelnen Stellen, wo die Injection vollständig gelingt. Die kleineren Arterien und Venen verlaufen in den Interstitien eben so stark geschlängelt, wie beim Eber. Dass diese ausgesprochene Schlängelung ihren Grund in den schnellen Volumsveränderungen des Hodens habe, wie es *Henle* angiebt, scheint mir deshalb sehr zweifelhaft, weil durch die Art und Weise des Eintrittes der Blutgefässe in die Sehnenhaut nur sehr geringe Schwankungen des Hodenvolums zugelassen werden. Der Hoden besitzt eben in der Gefässpforte

einen Regulator, der unter normalen Verhältnissen das Gleichgewicht auch bei minimalen Schwankungen bald herstellt.

Was die Strukturverhältnisse der Blutgefässe im Hoden betrifft, so wurde das wichtigste davon schon beim Bindegewebe berührt. Hier mag nur einer zweiten sonderbaren Eigenschaft der Hodengefässe Erwähnung geschehen, die in einer sehr leichten Permeabilität der Gefässwandungen besteht. Wenn man die Injection etwas längere Zeit dauern lässt, und zwar ist es gar nicht nothwendig, stärkeren Druck anzuwenden, so transfundirt die Injectionsmasse und erfüllt auch die Lymphbahnen. Dass hier von keiner Gefässzerreissung die Rede sein kann, beweist der Umstand, dass die Masse in den Lymphbahnen einen bedeutend helleren Ton hat, als in den Blutgefässen (Fig. 2). Bei Injectionen mit dunklem Carminleim sind die Lymphbahnen rosa, mit tiefblauem Leime hellblau gefüllt.

Die Blutgefässvertheilung im Nebenhoden ist bis jetzt der Beobachtung gänzlich entgangen. Es ist unrichtig, wenn man behauptet [1]), der Nebenhoden wäre blutgefässärmer als der Hoden selbst, denn es findet gerade das umgekehrte Verhältniss statt. Man findet nämlich Folgendes:

Die im Zwischengewebe des Nebenhodens verlaufenden zahlreichen grösseren Arterienstämme geben viele Seitenzweige ab, die in die muskulöse Wand des Nebenhodenkanals eintreten, und sich theils in derselben verästeln, theils aber in zahlreiche Capillaren übergehen, die an der inneren Oberfläche des Rohres, unmittelbar unter dem Cylinderepithel, ein äusserst dichtes Netz bilden. Diese Verbreitung fand ich bei allen darauf hin untersuchten Thieren, am schönsten zeigt sie sich jedoch an Hoden grösserer Thiere, wo die muskulöse Wand des Nebenhodenkanals eine bedeutende ist. Fig. 13 stellt einen Schnitt des Nebenhodens von einem Bocke dar. Am Präparate ist bei der Behandlung der Inhalt des Rohres sammt dem bekleidenden Epithel herausgefallen, was die Verhältnisse noch anschaulicher macht. Das eine Rohr ist schräg angeschnitten, so dass man an beiden Enden des Ovals die Capillarverbreitung auch von der Fläche sieht. Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse ist auch die Mace-

1) *Kölliker* O. c. p. 533. — *Frey*, Histologie, p. 549.

ration mit Berlinerblau injicirter Organe in Salzsäure sehr vortheilhaft, wo dann einzelne Stücke des Kanales isolirt ganz von der Fläche betrachtet werden können. Ein solches Präparat zeigt Fig. 9, vom Nebenhoden eines Hundes. Man sieht das dichte, äusserst zierliche Gefässnetz von der Fläche und überzeugt sich bei Einstellung auf den Rand des Rohres, dass es in dessen Wand eingebettet liegt.

Aus dem Erörterten fällt sogleich die Aehnlichkeit der Gefässvertheilung im Nebenhoden mit der in den Ovarialfollikeln auf, wo auch ein doppeltes Gefässnetz beschrieben wird: eines in der Wand, das andere an der Innenfläche des Follikels.

Diese Art der Gefässvertheilung erlaubt es, eine Vermuthung über die Function des Nebenhodens auszusprechen. Es scheint, dass die vielfach gewundenen, von einem dichten Capillarnetz umsponnenen Kanälchen desselben dazu bestimmt sind, wesentliche Bestandtheile der Samenflüssigkeit zu liefern; wenigstens wären die zahlreichen Windungen, der Blutgefässreichthum der Wandungen kaum verständlich, wenn wir es hier bloss mit ableitenden Kanälen zu thun hätten.

Der Nebenhoden ist also wahrscheinlich nicht bloss ein ableitendes Rohr der Samenflüssigkeit, sondern auch eine wichtige Absonderungsstätte. Es wäre möglich, dass jene, nach Nebenhodenentzündungen auftretenden Unfruchtbarkeiten des Samens, wo während der Krankheit der Hoden selbst gar nicht afficirt war, auf einer Zerstörung eben dieser, zur physiologischen Function der Drüse nothwendigen Capillaren beruht.

Schluss.

Die Resultate vorstehender Arbeit lassen sich in folgenden Sätzen übersichtlich zusammenfassen:

1) Die gewundenen Samenkanälchen bilden ein Netz unter mehrfacher dichotomischer Theilung. Die aus der Theilung entstandenen Endäste hängen unter sich durch Schlingen zusammen. An den Samenkanälchen des Menschenhodens findet man in der Rindenschicht kleine knospenähnliche Ausbuchtungen der Wand.

2) Die geraden Hodenkanälchen sind keine einfachen Fortsetzungen der gewundenen, sondern Abzugsröhren, die schon im Gewebe des Highmor'schen Körpers und in den untersten Enden der Septen liegen, bedeutend enger als die gewundenen, und mit einem niederen Cylinderepithel bedeckt sind.

3) Stützzellen und Keimnetz sind Kunstproducte. Sie verdanken ihr Auftreten der Gerinnung einer zähen, eiweissreichen Substanz zwischen den Samenzellen, die bei Anwendung von erhärtenden Agentien eintritt und ein Netzwerk zwischen den Samenzellen vortäuscht.

4) Die interstitiellen Zellen sind Bestandtheile des Hodens, deren Analoga auch in anderen Organen (Nebenniere, Steiss- und Carotidendrüse, Corpus luteum, Hirnanhang) zu finden sind.

5) Das Bindegewebe des Hodens besteht aus feineren und stärkeren Bindegewebsbündeln, welche Netze bilden und von Endothelzellen umscheidet sind. Die Maschenräume des Netzes werden an vielen Stellen durch Endothelhäutchen überbrückt, die dann continuirlich in die äusserste Schichte der Samenkanälchen übergehen, und auch die Blutgefässe umscheiden. Die Endothelhäutchen selbst bestehen aus einem weitmaschigen Gitterwerke von äusserst feinen Bindegewebsfibrillen, über das Endothelzellen gespannt sind. Jede derartige Endothellamelle besitzt zahlreiche feine Oeffnungen.

6) Die Anfänge der Lymphbahnen befinden sich theils in den Maschenräumen der von Endothelien umscheideten Bindegewebsbündel, theils in den Spalten der einzelnen Lamellen der Samenkanälchenwand. Eigentliche, von röhrenartigen Wandungen umschlossene Lymphgefässe kommen im Hodenparenchym selbst nicht vor.

Bei Hoden, wo die Zwischensubstanz hauptsächlich aus interstitiellen Zellen besteht, bilden freigelassene Wege zwischen diesen Zellen die primären Lymphröhren. Von hier fliesst die Lymphe in grösseren Abzugsbahnen, die schon mit Endothel bekleidet sind.

7) Die Samenkanälchen sind von einem der Membrana propria innig anliegenden Blutgefäss-Capillarnetz dicht umsponnen.

8) Der Nebenhoden ist nicht bloss Ableitungsrohr, sondern auch absondernde Stätte der flüssigen Samenbestandtheile. Die Blutgefässe bilden in der muskulösen Wand des Nebenhodenkanales ein dichtes Capillarnetz, das unmittelbar unter dem Cylinderepithel liegt und eine treffende Aehnlichkeit mit der Blutgefässvertheilung in den Ovarialfollikeln hat.

Leipzig, im März 1873.

Erklärung der Abbildungen.

Figur 1. Ein isolirtes gewundenes Samenkanälchen vom Menschenhoden mit kleinen seitlichen Knospen.
Präparat aus Müller'scher Flüssigkeit. Einschluss in Glycerin. Lupenvergrösserung.

Fig. 2. Stierhoden. Blutgefässe roth, Lymphbahnen rosa, Kapsel der Samenkanälchen blau injicirt.
Canadabalsampräparat. Hartnack Oc. 2, Obj. 4.

Fig. 3. Querschnitt aus dem Menschenhoden. Zeigt die geraden Samenkanälchen und deren Uebergang in das Hodennetz, aus dessen Lücken der Inhalt herausgefallen ist. Die Zwischensubstanz ist gelb, die Samenwege lila angedeutet.
Präparat aus Müller'scher Lösung und Alkohol, Färbung mit saurem Carmin, Einschluss in Canadabalsam. Lupenvergrösserung.

Fig. 4. Mehrere gerade Samenkanälchen aus dem Hoden eines Ziegenbockes.
Oben der Uebergang der gewundenen Samenkanälchen in die geraden, in der Mitte die Zusammenmündung zweier gerader und unten der Uebergang der geraden Samenkanälchen in das Hodennetz.
Präparat aus Alkohol, gefärbt mit Hämatoxylin, eingeschlossen in Canadabalsam. Hartnack Oc. 3. System 4.

Fig. 5. Querschnitt von einem injicirten Bockhoden. Die Abbildung giebt eine Uebersicht der Lagerung der geraden Samenkanälchen.
In der Mitte des Schnittes liegt der Highmor'sche Körper mit den Lücken des Hodennetzes. Die engen geraden Samenkanälchen verlaufen radiär im gelb bezeichneten Bindegewebe des Corpus Highmori von den gewundenen Samenkanälchen zum

Hodennetze. In den Septen sind mehrere Blutgefässstämme der Länge nach getroffen.

Behandlung und Einschluss wie bei Fig. 4. Lupenvergrösserung.

Fig. 6. Ein gerades Samenkanälchen des Menschen, die Verhältnisse im Detail zeigend.

Das gewundene Samenkanälchen verengt sich trichterartig und geht in das mit niederem Cylinderepithel bekleidete gerade Hodenkanälchen über. Unten sind die Räume des Hodennetzes mit Pflasterepithel bekleidet.

Behandlung und Einschluss wie bei Fig. 3. Hartnack Oc. 3. Obj. 4.

Fig. 7. Schnitt aus einem Katerhoden, die Spermatoblastenbildung, das sog. Stützsystem und die secundären Lymphspalten zeigend.

Am quergetroffenen Samenkanälchen *a* ist im Lumen ein ringförmiges Gerinnsel vorhanden, dessen Zacken sich in das Stützsystem zwischen den Samenzellen fortsetzen.

Das Samenkanälchen *b* ist schräge angeschnitten und zeigt die Spermatoblasten in einem früheren Stadium, wo die Hälse derselben noch nicht sehr verdünnt sind. In den Läppchen der Spermatoblasten sind die Köpfe der zukünftigen Spermatozoen als Kerne schon angedeutet. Das Lumen des Rohres ist von einem netzartigen Gerinnsel ausgefüllt, das dem fraglichen Stützzellensysteme entspricht.

Im Kanälchen *c* sind die Hälse der Spermatoblasten sehr dünn, die Schwänze der Spermatozoen schon theilweise ausgebildet. Zwischen je zwei nachbarlichen Spermatoblasten liegen die indifferenten Samenzellen.

Die Zwischensubstanz des Hodens besteht aus interstitiellen Zellen, die stellenweise auseinanderweichend die sekundären Lymphspalten zwischen sich fassen. An der Wand der Spalten sieht man die Kerne der Endothelien.

Behandlung des Präparates: Einstich mit $^1/_4$procent. Ueberosmiumsäure, Erhärtung in Müller'scher Lösung und Alkohol, Färbung mit saurem Carmin und Einschluss in Glycerin. Hartnack Oc. 2. Obj. 8.

Fig. 8. Schnittpräparat eines Kaninchenhodens, die Struktur des Bindegewebes zeigend.

Zwischen den Samenkanälchen *aaaa* sind die Bindegewebsbündel in Form eines Maschenwerkes ausgespannt, an dessen Rändern die Kerne der Endothelien bauchig prominiren. Die Endothelhäutchen sind fein punktirt angedeutet. Gegen die Samenkanälchen sind feinere Bindegewebsbündel vorhanden, die alle von Endothelhäutchen bedeckt sind. Dasselbe geschieht bei dem Blutgefässe *b*.

Behandlung: Einstich mit $^1/_2$proc. Ueberosmiumsäure, Er-

hartung in Alkohol, Farbung mit Hämatoxylin, Einschluss in Kali aceticum-Lösung. — Hartn. Oc. 3. Obj. 8.

Fig. 9. Stück eines isolirten Nebenhodenkanales von einem injicirten Hundehoden. Das Präparat zeigt die Blutgefässe in der Wand des Rohres von der Fläche.

Maceration in Salzsäure, Einschluss in Glycerin. Lupenvergrösserung.

Fig. 10. Ein isolirtes Haargefäss von einem Kaninchenhoden mit abgehobener Endothelscheide.

Behandlung wie bei Fig. 8. — Hartn. Oc. 3. Obj. 8.

Fig. 11. Kleine Vene aus einem Hundehoden mit interstitieller Zell- und Endothelscheide.

Präparat wie bei Fig. 10.

Fig. 12. Injicirter Hoden eines Ebers. Zwischen den interstitiellen Zellen verlaufen geschlängelt die grösseren Blutgefässe, während die Capillaren dicht an der Wand der Samenkanälchen anliegen.

Canadabalsampräparat. Hartn. Oc. 2. Obj. 4.

Fig. 13. Injicirter Nebenhoden eines Bockes. Die Blutgefässe treten in die muskuläre Wand des Nebenhodenkanales und bilden an dessen innerer Fläche ein dichtes Capillarnetz. Das bekleidende Epithel ist während der Behandlung herausgefallen.

Das Präparat wurde in Alkohol erhärtet, mit Hämatoxylin gefärbt und in Canadabalsam eingeschlossen. Lupenvergrösserung.

Fig. 12.

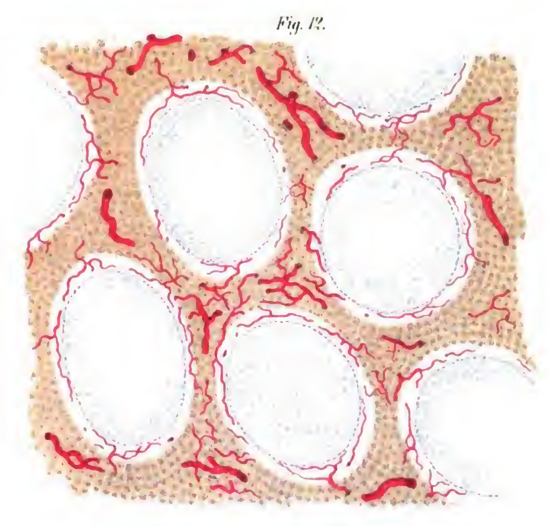


Fig. 13.



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1873.
Zur Abhandl. v. Dr. V. v. Mihalkovics.

Dr. Victor Paschutin, *Ueber den Bau der Schleimhaut der regio olfactoria des Frosches.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig, vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede *C. Ludwig*.

Exner[1]) hat in neuester Zeit Beobachtungen über die Riechschleimhaut der Wirbelthiere veröffentlicht, welche zu ganz anderen Ergebnissen geführt haben, wie die bekannten Untersuchungen von *Max Schultze*[2]). Während nach letzterem Forscher bekanntlich zwei Arten von Formelementen in der Epithelschicht zu unterscheiden sind, die Epithel- und Riechzellen, von welchen letztere mit den Endfibrillen des Geruchsnerven zusammenhängen, sollen nach *Exner* jene beiden Formen nicht wesentlich verschieden sein und beide mit einer eigenthümlichen, netzförmigen Endausbreitung der Olfactoriuszweige direct verschmelzen. Unter diesen Umständen hielt ich es für wünschenswerth, den Bau der Geruchsschleimhaut einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Legt man einen Verticalschnitt durch die regio olfactoria eines Frosches in der Längs- oder Querrichtung seines Körpers an, so erhält man folgendes mikroskopische Bild: Nach Aussen liegt die epitheliale Schicht, welche in der Richtung von der Peripherie zum Centrum der zu untersuchenden Gegend bedeutend an Dicke zunimmt (gewöhnlich wird dieselbe mehr als um das Vierfache dicker). Diese Schicht kann man, ähnlich

---

1) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Abh. der Nat. Ges. zu Halle. Bd. 7.

2) Untersuchungen über die Riechschleimhaut des Frosches. Weitere Studien über die Structur der Riechschleimhaut bei Wirbelthieren. K. Ak. der Wiss. zu Wien 1870 und 1872.

wie es *M. Schultze* für die Warmblüter (l. c. S. 60) thut, in drei Schichten theilen, nämlich:

1) eine äussere, kernlose Schicht, die ausschliesslich aus peripherischen Fortsätzen der Epithelzellen besteht,
2) eine mittlere Schicht, die durch eine grosse Zahl ovaler Kerne, und
3) eine untere, die durch ihren Reichthum an runden Kernen ausgezeichnet ist.

Bemerkenswerth ist es, dass mit der Verdickung der epithelialen Schicht nicht alle Abschnitte derselben in gleichem Maasse an Dicke zunehmen; die ersten zwei Abschnitte werden nur sehr unbedeutend oder auch gar nicht verdickt, dagegen nimmt der untere Abschnitt sehr bedeutend an Dicke zu, so dass die Verdickung der ganzen epithelialen Schicht fast ausschliesslich von der Vermehrung der runden Kerne herrührt.

Weiter nach unten folgt auf die epitheliale Schicht Bindegewebe, in welchem zwei Pigmentschichten eingebettet sind. Die erste (obere) dieser Schichten liegt sehr nahe an der unteren Grenze der Epithelialschicht, geht ziemlich parallel mit dieser letzteren und erscheint auf horizontalen Schnitten als ein ununterbrochenes flaches Netz; die zweite Pigmentschicht besteht aus einzelnen Theilen, welche ziemlich unregelmässig unter der oberen Schicht zerstreut liegen, zuweilen mit derselben anastomosiren; sie liegen in den centralen Parthien mehr von derselben entfernt als in den peripherischen.

Die Epithelialschicht und das Bindegewebe bis zur unteren Pigmentschicht sind von Bowman'schen Drüsen durchsetzt; je nach der Tiefe ihrer Lage unterscheiden sich diese Drüsen sehr bedeutend von einander. Die oberflächlichsten von ihnen liegen in der epithelialen Schicht und berühren das Bindegewebe nur mit ihren untersten Parthien; diese Drüsen verlaufen immer gerade und haben immer eine sack-, flaschen- oder birnenförmige Gestalt. Die Drüsen der anderen Art beginnen mit erweiterter, gebogener, an eine Retorte erinnernder Basis zwischen beiden Pigmentschichten und gehen dann nach oben durch die Maschen des Pigmentnetzes, die sie fest ausfüllen, hindurch; solche Drüsen sind in den centralen Theilen der regio olfactoria am besten entwickelt. Zwischen diesen zwei Arten von Drüsen giebt es alle möglichen Uebergangsformen.

Ich muss gegenüber *M. Schultze* (l. c. S. 39) hier bemerken, dass die Bowman'schen Drüsen eine membrana propria besitzen. Dieselbe stellt eine äusserst dünne, mit flachen, ovalen und ziemlich zahlreichen Kernen versehene Membran dar, welche an Zupfpräparaten sowohl in Form von ganz isolirten Stücken, welche die Gestalt der Drüse zeigen, als in Form von Fetzen, die nur zum Theil von der Drüse losgetrennt sind, angetroffen werden.

Das Bindegewebe, das zwischen der Epithelial- und oberen Pigmentschicht sich befindet, unterscheidet sich von dem unterliegenden dadurch, dass es mehr homogen, fein gestreift erscheint und viele Kerne enthält, wie es *M. Schultze* bereits bemerkt hat (l. c. S. 36 und 28). Diese Kerne sind leicht zu unterscheiden von nebenliegenden, runden Kernen der Epithelialschicht, weil sie etwas kleiner sind, rund oder in horizontaler Richtung verlängert, während die der Epithelzellen rund, oder etwas in verticaler Richtung verlängert sind.

Eine der hervortretenden Eigenthümlichkeiten des subepithelialen Gewebes des Frosches ist sein Reichthum an Blutgefässen. In Folge dieses Verhaltens bekommen die Schnitte dieser Gegend ein durchlöchertes Aussehen, da die Blutkörperchen aus durchgeschnittenen Gefässen gewöhnlich herausfallen. Sehr oft liegen die Capillaren sehr nahe an der epithelialen Schicht, dieselbe fast berührend; nicht sehr selten ragen die Blutgefässe sammt einer unbedeutenden Quantität des subepithelialen Gewebes in die Epithelialschicht hinein; dieses geschieht gewöhnlich in der Umgebung der Bowman'schen Drüsen. Die Menge des subepithelialen Gewebes, welche an der Bildung dieser Hervorragungen Theil nimmt, ist sehr verschieden; in einigen Fällen ist die Menge desselben eine so geringe, dass es sehr schwer ist, sich von seiner Existenz um die Capillarschlinge zu überzeugen, in anderen Fällen dagegen besteht die Hervorragung hauptsächlich aus diesem Gewebe. In sehr seltenen Fällen nimmt auch die obere Pigmentschicht an der Bildung der Hervorragung Theil, indem sie einen unbedeutenden Fortsatz dorthin sendet. Die geringe Dicke der subepithelialen Schicht, welche auf senkrechten Schnitten in Form eines schmalen, zwischen der epithelialen und der oberen Pigmentschicht liegenden Streifesu

erscheint, sowie ihr Reichthum an Blutgefässen sind beim Studium derselben sehr hinderlich.

Gehen wir jetzt über zu einer genaueren Betrachtung der Elemente der Epithelialschicht und des Zusammenhangs derselben mit dem unterliegenden Gewebe.

Zur Isolirung der Epithelzellen bediente ich mich entweder einer 0,8—1 proc. Lösung von Kali bichromicum oder der Methode von *Exner*, nach welcher die Schleimhaut 15—20 Minuten lang der Wirkung einer 0,5 proc. Lösung von Ueberosmiumsäure ausgesetzt und darauf auf 10—20 Tage in destillirtes Wasser gelegt wird.

In Uebereinstimmung mit *M. Schultze* finde ich die Epithelschicht des mittleren Theiles der Geruchsschleimhaut aus zwei durchaus verschiedenen Arten von Zellen zusammengesetzt, den Epithel- und Riechzellen.

Die Epithelzellen unterscheiden sich, nach *M. Schultze*, von den Zellen der zweiten Art »durch den breiten Zellenkörper mit ovalem Kern und den auf der ganzen Oberfläche unregelmässig ausgebuchteten Fortsatz.« Dieser Fortsatz »erstreckt sich bis an die Grenze des Bindegewebes und endigt hier gewöhnlich mehrfach getheilt« (l. c. S. 34).

Die Form der Epithelzellen ist aber viel mannigfacher als *M. Schultze* sie beschreibt. Diese Mannigfaltigkeit bezieht sich hauptsächlich auf die centralen Fortsätze der epithelialen Zellen, während ihre peripherischen Fortsätze im Allgemeinen ziemlich gleich lang sind, weil ihre Kerne sowohl in der Peripherie, als im Centrum der regio olfactoria fast gleich tief liegen und die Schicht dieser Kerne nicht dick ist. Nur in seltenen Fällen findet man beim Zerzupfen der Schleimhaut Epithelialzellen mit so langen peripherischen Fortsätzen, dass die Kerne dieser Zellen bei der normalen Lage der Elemente ziemlich tief in der Schicht von runden Kernen liegen, welche der anderen Art der Elemente angehören. Es ist zu bemerken, dass in den Fällen, wo die peripherischen Fortsätze der Epithelzellen ziemlich lang sind, dieselben nicht immer einen so regelmässigen cylindrischen Körper darstellen, wie es in den Zeichnungen *M. Schultze*'s abgebildet ist. Zuweilen bemerkt man an dem peripherischen Ausläufer (der freilich unverletzt war) eine deutliche Verengung, so dass der Fortsatz aus zwei breiten Theilen,

welche durch einen mehr oder minder langen, engen Hals verbunden sind, zusammengesetzt erscheint. Die Verengung des peripherischen Fortsatzes einiger epithelialen Zellen kann bei der Bestimmung der Art der Zelle sehr hinderlich werden: dieses ist dann der Fall, wenn der obere, breite Theil des Fortsatzes abgebrochen ist, wobei der verengte Theil den Fortsatz der Zellen zweiter Art simuliren kann.

Da alle Epithelzellen durch die ganze Dicke der Epithelialschicht hindurchgehen, so ist es verständlich, dass ihre Länge von der Peripherie zum Centrum der regio olfactoria zunimmt und dass diese Zunahme fast ausschliesslich herrührt von dem centralen Fortsatze der Zelle.

Ausser in der Länge unterscheiden sich die centralen Fortsätze von einander auch wesentlich in ihrer Form. Die centralen Fortsätze einiger Zellen erscheinen als ziemlich regelmässige, runde Körper, an denen Ausbuchtungen kaum zu bemerken sind; bei anderen Zellen sieht der Fortsatz aus, wie ein Band, das ungleichmässig in Dicke und Breite ist; an manchen Stellen ist dasselbe so dünn, dass es oft durchlöchert erscheint.

Nach *M. Schultze*[*] theilen sich die Fortsätze der Epithelzellen nur im untersten Theile (bei dem Eintritt in das subepitheliale Gewebe); dieselben geben aber, nach meinen Beobachtungen, Ausläufer in ganz verschiedener Höhe, hauptsächlich in ihren unteren zwei Dritttheilen ab. Durch diese Ausläufer anastomosiren die Epithelzellen mit einander und bilden auf den verticalen Schnitten ein hübsches Netz mit grossen, eckigen Maschen. Ein solches Bild erhält man am besten, wenn man die Schleimhaut in 1proc. Lösung von Kali bichromicum einige Tage macerirt, in Leim legt und in Alkohol erhärten lässt; bei der Vorbereitung der mikroskopischen Schnitte fallen viele runde Kerne heraus und die Fortsätze der Epithelzellen mit ihren Anastomosen und ihr Uebergang in das unterliegende Gewebe werden sichtbar.

Endlich erhält man in sehr seltenen Fällen, bei der Zerzupfung der Schleimhaut der regio olfactoria, sehr breite Lamellen, denen einige Körper der Epithelzellen (bis zu vier) aufsitzen. In einer solchen Lamelle ist es auf keine Weise möglich, die Grenzen zwischen den einzelnen centralen Fort-

sätzen zu unterscheiden. Zuweilen kann man in einer solchen Lamelle ein bis zwei grosse, ovale Löcher bemerken, für gewöhnlich ist aber die Durchlöcherung nur eine scheinbare, bedingt durch die ungleichmässige Dicke der Lamelle. Derartig veränderte Epithelzellen liegen zuweilen, vielleicht auch ausschliesslich, in der Umgebung der Bowman'schen Drüsen. Es ist mir einmal gelungen, ein Bruchstück einer Bowman'schen Drüse zu sehen, welche in Form einer Röhre von diesen plattenförmigen Epithelzellen umgeben war.

Die centralen Fortsätze der Epithelzellen senken sich in das unterliegende Bindegewebe ein, das sich gleich über der oberen Pigmentschicht befindet.

Die zweite Art der Elemente der epithelialen Schicht — die Riechzellen — charakterisiren sich nach *M. Schultze* durch einen, im Vergleich mit der ersten Art dünnen, peripherischen Fortsatz, einen runden Kern und einen sehr dünnen, nicht ramificirten, centralen Ausläufer.

Die Riechzellen zeigen, im Gegensatz zu den Epithelzellen, sehr mannigfaltige peripherische und sehr einförmige centrale Fortsätze. Die Länge ihrer peripherischen Fortsätze ist gewöhnlich beträchtlicher, als die Länge der entsprechenden Fortsätze der Epithelzellen. Die kürzesten peripherischen Fortsätze der Riechzellen, deren Kerne an der Oberfläche des unteren Theils der Epithelialschicht liegen, sind ungefähr von der Länge der peripherischen Fortsätze der Epithelzellen; die längsten dagegen ungefähr gleich der Dicke der ganzen Epithelialschicht im Centrum der regio olfactoria. Ebenso mannigfaltig ist auch die Dicke der Fortsätze: in einigen Fällen ist der peripherische Fortsatz der Riechzelle so dünn, dass man Mühe hat, ihn von dem centralen zu unterscheiden; in anderen Fällen dagegen steht seine Breite der Breite der peripherischen Fortsätze der Epithelzellen nur wenig nach; aber auch in diesem letzteren Falle ist es nicht schwer, ihn davon zu unterscheiden, da er mehr homogen ist, d. h. keine körnige Beschaffenheit besitzt, stärker das Licht bricht und von Ueberosmiumsäure intensiver gefärbt wird. Zwischen den erwähnten Grenzen der Länge und Breite giebt es alle möglichen Uebergänge.

Die centralen Fortsätze der Riechzellen, mit Ausnahme desjenigen Theiles, welcher an den Kern grenzt, haben immer eine und dieselbe Gestalt. In einigen Fällen besitzt dieser Fortsatz schon gleich am Anfange, bei seinem Abgange vom Kerne, seine charakteristische Form, d. h. er ist sehr dünn, mit leichten varicösen Anschwellungen versehen, in anderen Fällen geht der Kern nur allmälig in den Fortsatz über, welcher nur nach und nach sich verjüngt, und erst in einiger Entfernung vom Kerne seine charakteristische Form erhält. Die Kerne solcher Zellen haben gewöhnlich eine ovale Form, und die ganze Zelle besitzt eine spindelförmige Gestalt. Wird der centrale Fortsatz einer solchen Zelle, ehe er seine charakteristische Form erhalten hat, abgebrochen, so ist es sehr schwer festzustellen, zu welcher Art die betrachtete Zelle gezählt werden muss, wenn man vorher ähnliche Zellen im unversehrten Zustande nicht gesehen hat. Zwischen diesen zwei Arten des Anfanges der centralen Fortsätze der Riechzellen giebt es alle möglichen Uebergangsformen. Es ist jedoch zu bemerken, dass der centrale Fortsatz der Riechzellen, auch in solchen Fällen, wo er deutlich seine charakteristische Gestalt besitzt, mit der Entfernung vom Kerne sich verjüngt, und zuletzt kaum wahrnehmbar wird (Syst. 8, ocul. 4, Hartn.), so dass die die Varicositäten verbindenden Fäden nur bei grosser Aufmerksamkeit bemerkt werden können. Die Länge der centralen Fortsätze ist zuweilen sehr bedeutend — sie kann um das Doppelte die Dicke der Epithelialschicht (im Centrum) übertreffen. Wenn bei einem so langen centralen Fortsatze die Riechzelle auch einen sehr langen peripherischen Fortsatz besitzt, so ist es verständlich, dass die Länge der ganzen Zelle die Länge der grössten Epithelzellen weit hinter sich lässt.

Die centralen Fortsätze der Riechzellen sammeln sich zu einzelnen Bündeln, die in der Tiefe der Epithelialschicht ihre verticale Richtung in eine horizontale verändern und, nachdem sie eine Strecke quer zwischen den centralen Fortsätzen der Epithelzellen, an der Grenze des Uebergangs derselben in das subepitheliale Bindegewebe, ihren Verlauf genommen, plötzlich nach unten umbiegen und in dem unterliegenden Gewebe nun als marklose Nerven erscheinen. Mit dem horizontalen Theile des Bündels vereinigen sich, falls dieser eine beträchtliche Länge besitzt, manchmal ein bis zwei andere kleinere, von

oben her senkrecht auf dieselbe gerichtete Bündel. Gewöhnlich reisst beim Zerzupfen der Präparate die Epithelialschicht vom unterliegenden Gewebe ab und die beschriebenen Bündel erscheinen dann in Form von Pinselchen, entsprechend den von *M. Schultze* an den zerrissenen Enden des marklosen Nerven beobachteten. Einmal habe ich an einem Zerzupfungspräparate, am unteren Ende der abgerissenen Epithelialschicht, zwei horizontal verlaufende Bündel beobachtet, welche sich kreuzten, indem sie dabei einander mit ihren Fasern durchsetzten und nachher noch eine kurze Strecke verliefen, dann mit einem Mal, fast unter einem rechten Winkel nach unten umbogen und mit zwei der schon erwähnten Pinsel endigten. Horizontal verlaufende, centrale Fortsätze in den tiefen Parthien der epithelialen Schicht hat auch *Babutin*[1]) beim Proteus beobachtet.

Auf Schnitten der Schleimhaut der regio olfactoria bemerkt man, besonders zwischen den Pigmentschichten, eine ziemlich beträchtliche Quantität markloser Nervenstämme, welche eine grosse Zahl von Aesten in der Richtung nach der Epithelialschicht senden. Diese Zweige durchsetzen das subepitheliale Bindegewebe, d. h. das Gewebe zwischen der epithelialen und der oberen Pigmentschicht, fast beständig in perpendiculärer Richtung und treten in derselben Richtung in Form dünner Stämmchen in die epitheliale Schicht.

Exner behauptet, dass es alle möglichen Uebergangsformen zwischen den Epithel- und den Riechzellen *M. Schultze*'s giebt; es sei deshalb die von *M. Schultze* angenommene Classification dieser Zellen eine künstliche. Obgleich ich mich an meinen Präparaten überzeugt habe, dass die Mannigfaltigkeit der Zellenformen der epithelialen Schicht eine noch grössere ist, als ich auf Grund der Untersuchungen von *Exner* an Fröschen erwarten konnte, muss ich dennoch die Ansicht *M. Schultze*'s für richtig anerkennen. Denn untersucht man die Theile der regio olfactoria, wo der specifische Bau dieser Gegend am prägnantesten ausgesprochen ist, d. h. die centralen Parthien derselben, so zeigen sich alle dabei erhaltenen Zellen, dem Baue

1) Handbuch der Lehre von den Geweben von Stricker.

ihrer centralen Fortsätze nach, sowie nach anderen weniger charakteristischen Merkmalen, in zwei deutlich verschiedene Gruppen gesondert. Wenn man dagegen die peripherischen Parthien der regio olfactoria untersucht, so findet man in der That, neben den Epithel- und Riechzellen auch solche Zellen, welche man weder zu diesen noch zu jenen zählen kann. Aehnliche Zellen kamen mir wahrscheinlich deshalb selten zu Gesichte, weil ich vorzüglich die centralen Parthien der regio olfactoria untersucht habe. Die peripherischen Fortsätze dieser Uebergangszellen erinnern am meisten an breite, regelmässig cylindrische Fortsätze einiger Riechzellen. Was die centralen Fortsätze dieser Zellen betrifft, so kommen hauptsächlich zwei Formen vor: 1) dünne, am Ende in zwei noch dünnere und kurze Zweige sich theilende Fäden (solche centrale Fortsätze sind aber nie so dünn, wie die centralen Fortsätze der Riechzellen und besitzen keine Varicositäten, welche die Fortsätze der Riechzellen, wenigstens bei der oben erwähnten Behandlung, haben); 2) solche, deren oberer, am Kerne liegender Theil sich von der vorhergehenden Form nicht unterscheidet, deren unterer Theil aber breiter ist und unregelmässige, gleichsam zerrissene Ränder besitzt.

Exner hat die Ansicht ausgesprochen, dass zwischen dem Bindegewebe und der epithelialen Schicht ein besonderes reticulum existirt, das in seinen Schlingen runde Kerne einschliesst, in dem von einer Seite alle Zellen der epithelialen Schicht, d. h. die Epithel- und die Riechzellen endigen und in das, von der anderen Seite, der nervus olfactorius übergeht. Meine Untersuchungen haben mich überzeugt, dass die centralen Fortsätze der epithelialen Zellen unter einander anastomosiren und wirklich ein Netz bilden, welches die ganze Breite des dritten (unteren) Theils der Epithelialschicht einnimmt und dessen obere Theile durch nichts Wesentliches von den tieferliegenden sich unterscheiden, mit Ausnahme, dass die Maschen im oberen Theile grösser sind. Die an der Grenze des subepithelialen Gewebes liegenden, runden Kerne unterscheiden sich von den höher gelegenen auch gar nicht. Aus vielen Stellen der Untersuchungen *Exner*'s (S. 10 des ersten Aufsatzes und S. 13 des zweiten) ist es ersichtlich, dass er unter seinem reticulum denjenigen Theil der Schleimhaut versteht, welchen *M. Schultze* unter dem Namen des sub-

epithelialen Gewebes beschrieben hat und welcher beim Frosche, wie aus meiner Arbeit hervorgeht, von einer Seite an die obere Pigmentschicht, von der anderen an die untere Grenze der Schicht runder Kerne grenzt. Diesem Gewebe einen nervösen Charakter zuzuschreiben, ist schon aus dem Grunde nicht möglich, weil die durch dasselbe zur epithelialen Schicht gehenden Nerven es in Form isolirter Bündel durchsetzen, ohne irgend ein Netz zu bilden.

A. W. Volkmann, *Ueber die relativen Gewichte der menschlichen Knochen.*

Ich habe, bei Untersuchung der näheren Bestandtheile der menschlichen Knochen, sehr viel Veranlassung gehabt, die einzelnen Theile des Skelets zu wiegen, und habe dabei Erfahrungen über die relative Schwere derselben gemacht, welche der Mittheilung werth scheinen. Ich habe nämlich gefunden, dass die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Knochen, trotz auffallender Verschiedenheiten in Bezug auf Lebensalter, Grösse, Fett- und Wassergehalt, doch ziemlich constant sind.

Es wird angemessen sein, über die constitutionellen Verhältnisse der neun Individuen, an welchen ich meine Untersuchungen angestellt habe, einige allgemeine Bemerkungen vorauszuschicken.

Nr. 1. Mann von 67 Jahren, gross, mager, 54,53 Kilogramm schwer.

Nr. 2. Selbstmörder, 50 Jahr alt, gut genährt, Körpergewicht 56,40 Kilogramm.

Nr. 3. Mittelgrosser starker Mann, 22 Jahr alt, Körpergewicht ungefähr 58 Kilogramm.

Nr. 4. Mann von 65 Jahren, durch Krankheit äusserst abgemagert; wog nur 38,45 Kilogr., während er nach seiner Körperlänge hätte 53 Kilogr. wiegen sollen.

Nr. 5. Junger, wohlgebildeter Bursche von 14 Jahren. Seine Körperlänge betrug 1,37 Meter und hiernach zu schliessen sein Körpergewicht etwa 30 Kilogramm[1]).

---

1) Es ist merkwürdig, dass die Proportionsgewichte der Knochen in diesem jungen, durchaus unreifen Individuum aus der Reihe der übrigen nicht merklich herausfielen.

Nr. 6. Ziemlich erwachsener, wohlgebildeter Jüngling von 16 Jahren.

Nr. 7. Sehr robuster Selbstmörder von 38 Jahren. Körpergewicht 64,53 Kilogr. Der mittlere Fettgehalt der Knochen betrug 31 Procent! —

Nr. 8. Schwindsüchtiger Mann von 23 Jahren. Körperlänge 1,77 Meter, was bei einem nicht abgezehrten Individuum auf ein Körpergewicht von etwa 62,5 Kilogramm hinweisen würde. Der mittlere Fettgehalt der Knochen betrug noch nicht $^1/_2$ Procent! —

Nr. 9. Robuster Mann von 45 Jahren. Körpergewicht nach Schätzung etwa 63 Kilogramm.

Um die relative Schwere der einzelnen Knochen verständlich zu machen, bemesse ich das Gewicht jedes Knochens nach dem der Speiche (os radii), indem ich diese als Gewichtseinheit setze. Ich dividire also das Gewicht jedes Knochens mit dem des radius, und erhalte in dem Quotienten sein Proportionsgewicht.

Zur Vermeidung unnützer Weitläufigkeiten habe ich hin und wieder statt der Proportionsgewichte einzelner Knochen die ganzer Knochencomplexe, z. B. der Hand- und Fusswurzeln, aufgesucht. Für manche wichtige Knochen, namentlich für die Wirbel, besitze ich nicht genug Erfahrungen, um das relative Gewicht bestimmen zu können.

In nachstehender Tabelle sind für 17 verschiedene Knochen, respective Knochencomplexe, die Proportionsgewichte angegeben, und zwar mit Aufzeichnung der kleinsten und der grössten beobachteten Werthe. Der ebenfalls aufgezeichnete Mittelwerth ist das arithmetische Mittel aus allen in Untersuchung genommenen Fällen, deren Zahl in einer besonderen Kolumne verzeichnet ist. In der letzten Reihe der Tabelle habe ich die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers meiner Proportionsgewichte im einzelnen Falle angegeben, das will sagen den wahrscheinlichen Fehler, den man begeht, wenn man das von mir aufgestellte Proportionsgewicht, welches nur die Bedeutung eines Mittelwerthes hat, für einen beliebigen Fall in Anwendung nimmt [1]).

[1]) Die Formel, nach welcher der in Rede stehende wahrscheinliche Fehler berechnet wurde, ist:

Tabelle I.

Proportionsgewichte der Knochen.

Knochen	maximum	minimum	Mittel	Zahl der Beobachtungen	wahrscheinlich. Fehler.
1) radius	—	—	1	9	—
2) Kreuzbein	4,95	3,24	4,09	7	0,430
3) Hüftbein	7,67	5,62	6,32	8	0,515
4) 12 Rippen	4,50	3,44	4,00	7	0,256
5) Schlüsselbein	0,57	0,39	0,51	8	0,038
6) Schulterblatt	1,93	1,41	1,60	8	0,119
7) Oberarmknochen	4,01	3,13	3,68	9	0,205
8) Ellenbogen	1,24	1,04	1,16	9	0,042
9) Handwurzel	0,48	0,33	0,40	9	0,030
10) Mittelhand u. Finger	1,26	1,07	1,18	9	0,043
11) Oberschenkel	12,73	10,04	10,80	9	0,558
12) Schienbein	6,89	6,02	6,51	8	0,211
13) Wadenbein	1,49	1,04	1,18	9	0,090
14) Fusswurzel	3,71	2,75	2,98	9	0,225
15) Mittelfuss u. Zehen	1,42	1,10	1,34	8	0,069
16) Unterkiefer	1,88	1,08	1,55	7	0,212
17) Schädel	12,61	10,06	11,41	6	0,611

Anlangend die wahrscheinlichen Fehler, so ist einleuchtend, dass die Bedeutung derselben im einzelnen Falle von ihrem Verhältniss zu den bezüglichen Proportionsgewichten abhängt, denn offenbar ist ein wahrscheinlicher Fehler von der Grösse 0,1 zehnmal gewichtiger, wenn er sich auf das Proportionsgewicht 1 bezieht, als wenn er zu dem Proportionsgewichte 10 gehört. Berücksichtigt man dies, so wird man finden, dass die von mir berechneten wahrscheinlichen Fehler von sehr mässiger Grösse sind.

Man sieht leicht, dass mit Hülfe der von mir aufgestellten Tabelle das unbekannte Gewicht eines Knochens aus dem bekannten eines anderen abgeleitet werden könne. Da sich die Proportionsgewichte der Knochen P, P^1 wie ihre absoluten Gewichte G, G^1 verhalten, so braucht man nur die Schwere eines Knochens zu kennen, um das Gewicht jedes andern, und folglich auch des ganzen Skelets berechnen zu können. Die Ge-

---

$$0{,}674 \sqrt{\frac{SF^2}{N-1}}$$

in welcher SF^2 die Summe der Fehlerquadrate und N die Zahl der gegebenen Beobachtungen bezeichnet.

nauigkeit des berechneten Werthes wird selbstverständlich der Verlässlichkeit des aufgestellten Proportionsgewichtes entsprechen.

Ich will nun den Grad der Brauchbarkeit solcher Rechnungen speciell nachweisen, und will, um den Leser in den Stand zu setzen, sich eine eigne Ueberzeugung zu bilden, für fünf Individuen die absoluten Gewichte sämmtlicher Knochen angeben. — Die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Numern der Leichen entsprechen den Numern, unter welchen ich oben die constitutionellen Verhältnisse der neun von mir untersuchten Individuen beschrieben habe.

Tabelle II.

Absolute Gewichte der Knochen.

Name.	Nr. der Leiche.				
	1	4	7	8	9
Speiche	76,1 Gr.	73,2 Gr.	59,5 Gr.	65,9 Gr.	65,6 Gr.
Kreuzbein	373,3 »	274,7 »	224,9 »	326,3 »	212,7 »
Hüftbein	583,7 »	429,7 »	378,6 »	477,8 »	372,3 »
Schlüsselbein	43,8 »	39,0 »	29,6 »	34,9 »	31,8 »
Schulterblatt	147,1 »	103,3 »	94,3 »	119,1 »	96,8 »
Oberarm	300,7 »	229,2 »	222,7 »	271,1 »	208,5 »
Ellenbogen	94,5 »	81,3 »	75,6 »	75,6 »	68,5 »
Handwurzel	32,5 »	35,0 »	27,9 »	25,1 »	21,6 »
Mittelhand u. Finger	95,3 »	92,7 »	76,0 »	78,0 »	71,3 »
Oberschenkel	848,2 »	750,5 »	685,4 »	838,4 »	696,5 »
Schienbein	514,6 »	440,9 »	395,5 »	451,0 »	417,0 »
Wadenbein	92,9 »	76,2 »	88,1 »	98,2 »	79,6 »
Fusswurzel	239,5 »	201,5 »	206,1 »	200,2 »	167,3 »
Mittelfuss u. Zehen	104,0 »	104,3 »	92,4 »	88,0 »	75,3 »
Unterkiefer	143,1 »	86,2 »	105,4 »	121,7 »	102,7 »
Schädel	959,6 »	736,4 »	795,5 »	743,9 »	803,7 »
12 Rippen	325,6 »	329,0 »	249,1 »	273,9 »	241,6 »
Brustbein	76,6 »	79,1 »	79,0 »	85,2 »	52,1 »
Alle Wirbel mit Knorpeln	1443,7 »	1155,2 »	1043,1 »	1109,3 »	970,2 »
Kniescheibe	60,5 »	51,1 »	53,6 »	72,1 »	24,4 »
Alle Rippenknorpel	200,0 »	180,0 »	193,0 »	195,7 »	160,0 »

Untersuchung der Brauchbarkeit der Proportionsgewichte zum Rechnen.

A. Wenn man mit Hülfe unserer Proportionsgewichte aus dem bekannten Gewichte eines gegebenen Knochen das unbekannte eines anderen berechnet, also die Proportion $P : P^1 = G : G^1$ in Anwendung nimmt, wird man zwar in einzelnen Fällen der Wahrheit sehr nahe kommen, in andern Fällen dagegen entfernt sich der berechnete Werth von dem wahren beträchtlich. Letzteres muss der Fall sein, wenn beide in Rechnung gebrachte Knochen nach entgegengesetzten Seiten vom Normalgewichte abweichen, also wenn der eine ungewöhnlich schwer, der andere ungewöhnlich leicht ist.

Ich will einige Beispiele solcher Rechnungen vorlegen und zunächst das Gewicht des Ellenbogens aus dem gegebenen Gewichte der Speiche berechnen. Dazu ist nur nöthig, dass letzteres mit dem Proportionsgewichte des Ellenbogens = 1,16 multiplicirt wird.

Leiche	Gewicht des Ellenbogens gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	94,5 Gr.	88,3 Gr.	— 6,2 Gr.	1/15
4	81,3 »	84,9 »	+ 3,6 »	1/23
7	75,6 »	69,0 »	— 6,6 »	1/11
8	75,6 »	76,4 »	— 0,8 »	1/94
9	68,5 »	71,1 »	+ 2,6 »	1/26

Um noch ein zweites Beispiel vorzulegen, will ich im Nachstehenden das Gewicht des Ellenbogens aus dem des Oberschenkels berechnen. Die Proportionsgewichte der beiden Knochen verhalten sich wie 1,16 : 10,8, ebenso sollen sich also die absoluten Gewichte verhalten, über welche Tabelle II. Aufschluss giebt.

Leiche	Gewicht des Ellenbogens gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	94,5 Gr.	91,1 Gr.	— 3,4 Gr.	1/28
4	81,3 »	80,6 »	— 0,7 »	1/115
7	75,6 »	73,6 »	— 2,0 »	1/38
8	75,6 »	90,0 »	+ 14,4 »	1/5
9	68,5 »	74,8 »	+ 6,3 »	1/11

Der in Leiche 8 vorkommende Fehler von $^1/_5$ beweist, dass einzelne Fälle vorkommen, welche der Gleichung $P : P^1 = G : G^1$ in sehr geringem Maasse entsprechen.

B. Etwas günstigere Resultate sind zu erwarten, wenn man statt der Proportion

$$P : P^1 = G : G^1 \quad \text{(I)}$$

die folgende substituirt:

$$SP : P^1 = SG : G^1 \quad \text{(II)}$$

wo S eine Summe bezeichnet.

Hiernach bedeutet SP die Summe der Proportionsgewichte einer mehr oder weniger grossen Summe von Knochen, und SG die Summe der absoluten Gewichte aller der Knochen, welche zur Herstellung des Werthes SP in Anwendung genommen wurden.

Der Grund, warum man mit Gleichung (II) der Wahrheit näher kommt, ist der, dass die $\mp$ Fehler, welche den einzelnen Fällen anhaften, sich in den Summen SP und SG mehr oder weniger ausgleichen.

Um hierzu Belege zu geben, will ich diesmal das Gewicht des Ellenbogens aus dem gegebenen Gewichte aller übrigen Armknochen (also Oberarm, Speiche, Handwurzel, Mittelhand und Finger) berechnen. Die Summe SG ist für jede der fünf Leichen aus Tabelle II. zu entnehmen, die Summe SP beträgt nach Tabelle I. ein für allemal 6,26.

	Gewicht des Ellenbogens			
Leiche	gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler.
1	94,5Gr.	93,5Gr.	— 1 Gr.	$^1/_{94}$
4	81,3 »	79,7 »	— 1,6 »	$^1/_{51}$
7	75,6 »	71,5 »	— 4,1 »	$^1/_{18}$
8	75,6 »	81,5 »	+ 5,9 »	$^1/_{13}$
9	68,5 »	68,0 »	— 0,5 »	$^1/_{133}$

In analoger Weise habe ich das Gewicht des Ellenbogens aus dem Gewichte sämmtlicher Schenkelknochen berechnet. In diesem Falle verhält sich $P : SP^1 = 1,16 : 22,8$.

Gewicht des Ellenbogens

Leiche	gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	94,5 Gr.	91,5 Gr.	— 3,0 Gr.	1/31
4	81,3 »	80,0 »	— 1,3 »	1/63
7	75,6 »	74,6 »	— 1,0 »	1/74
8	75,6 »	85,2 »	+ 9,6 »	1/8
9	68,5 »	73,0 »	+ 4,5 »	1/15

Man sieht, dass nun der grösste Fehler nur $1/_8$ beträgt, während bei voriger Rechnung Fehler von $1/_5$ vorkommen.

C. Zu noch genaueren Resultaten führt die Rechnung, wenn man sich folgender Proportion bedient:

$$SP : S^1P^1 = SG : S^1G^1 \quad \text{(III)}$$

das heisst also, wenn auf beiden Seiten der Gleichung in jedem der beiden Glieder Summen von Fällen statt einzelner Fälle in Anwendung genommen werden. Der Grund der grösseren Genauigkeit ist der, dass die $\mp$ Fehler, welche den einzelnen Fällen anhaften, nun in allen Gliedern der Gleichung Gelegenheit finden, sich auszugleichen.

Um die Brauchbarkeit einer derartigen Proportion zu prüfen, soll im Nachstehenden aus dem gegebenen Gewichte sämmtlicher Armknochen (Schulterblatt und Schlüsselbein nicht mitgerechnet) das Gewicht sämmtlicher Beinknochen berechnet werden. Nach Tabelle I. verhält sich $SP : S^1P^1 = 7{,}42 : 22{,}81$.

Gewicht der Beinknochen

Leiche	gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	1799,2 Gr.	1841,7 Gr.	+ 42,5 Gr.	1/42
4	1573,4 »	1572,1 »	— 1,3 »	1/1210
7	1467,5 »	1419,3 »	— 48,2 »	1/30
8	1675,8 »	1585,3 »	— 90,5 »	1/19
9	1435,7 »	1338,8 »	— 96,9 »	1/15

Unstreitig werden die nach dem Schema der Gleichung (III) ausgeführten Rechnungen um so befriedigendere Resultate ergeben, je grösser die Zahl der Fälle ist, welche die in Betracht genommenen Summen includiren, und ist daher von vorn herein zu erwarten, dass man aus dem bekannten Gewichte eines grösseren Knochencomplexes, wie beispielsweise aus dem Gewichte einer obern oder untern Extremität, mit ziemlicher Sicherheit auf das Gewicht des Skelets im Ganzen werde folgern können. Es ist von Interesse, diese Voraussetzung bestätigt zu finden.

Aus den in Tab. II. vorgelegten fünf Versuchsreihen ergiebt sich im Mittel Folgendes. Setzt man das Gewicht des ganzen Skelets = 100, so beträgt das der Armknochen 5,91 und das der Beinknochen 18,63. Ich will nun mit Hülfe dieser Proportionalen zunächst aus dem Gewichte der oberen Extremität das Gewicht des ganzen Skelets ableiten.

Gewicht des Skelets (a)

Leiche	gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	10325,2 Gr.	10144,0 Gr.	— 181,2 Gr.	1/57
4	8503,6 »	8650,5 »	+ 146,9 »	1/58
7	7856,4 »	7971,3 »	+ 114,9 »	1/68
8	8651,7 »	8731,8 »	+ 86,1 »	1/100
9	7496,1 »	7373,8 »	— 122,3 »	1/61

Das Proportionsgewicht der Knochen der unteren Extremität = 18,63 Proc. ist nicht so verlässlich als das der Armknochen und führt daher, wenn man es zum Berechnen des Skeletgewichtes benutzt, zu minder günstigen Resultaten. Hierüber geben die nachstehenden Zahlen näheren Aufschluss.

Gewicht des Skelets (b)

Leiche	gefunden	berechnet	Differenz	Rechenfehler
1	10325,2 Gr.	9657,5 Gr.	— 667,7 Gr.	1/15
4	8503,6 »	8445,5 »	— 58,1 »	1/146
7	7856,0 »	7877,1 »	+ 20,8 »	1/374
8	8651,7 »	8995,2 »	+ 343,5 »	1/25
9	7496,1 »	7706,4 »	+ 210,2 »	1/35

Man kann also das Gewicht des Skelets mit Hülfe der von mir aufgestellten Proportionen mit ziemlicher Genauigkeit berechnen, wenn nur das Gewicht der frischen Arm- oder Beinknochen, besonders aber der ersteren gegeben ist.

Ich bemerke zum Schlusse, dass die Resultate solcher Rechnungen, wie ich hier vorgelegt habe, unstreitig noch günstiger ausfallen und dadurch an Wichtigkeit gewinnen würden, wenn es gelänge, die von mir aufgestellten Proportionsgewichte noch genauer zu bestimmen. Aber genauere Bestimmungen, wie sie im hohen Grade zu wünschen sind, stehen freilich nur zu erwarten, wenn die Anatomen vom Fache sich der Angelegenheit annehmen, und durch Wägung frischer Knochen ein weiteres Erfahrungsmaterial liefern.

A. W. Volkmann, *Ueber die näheren Bestandtheile der menschlichen Knochen.*

Indem ich das mittlere Mengenverhältniss der wichtigsten Grundsubstanzen des menschlichen Körpers zu ermitteln beabsichtigte, war ich genöthigt, für die Knochen erst das mittlere Mengenverhältniss ihrer nähern Bestandtheile festzustellen.

Es ist auffällig, dass bei den überaus zahlreichen Knochenanalysen, welche zum Theil von Chemikern ersten Ranges unternommen worden sind, die Frage, der ich mich zuwende, nicht längst erledigt ist. In der That aber herrscht in den Angaben über den Wasser- und Fettgehalt der Knochen, über das Verhältniss der organischen Substanz zu der unorganischen und gleicherweise über das Verhältniss des Knochenknorpels zur Knochenerde so wenig Uebereinstimmung, dass es zunächst unbegreiflich scheint, wie im Gebiete der exacten Wissenschaften so Unvereinbares zum Vorschein kommen konnte. Erst bei näherer Prüfung löst sich der Widerspruch der verschiedenen Angaben durch die einfache Bemerkung, dass mit dem Worte Knochen, um deren Analyse es sich handelt, sehr verschiedene Dinge bezeichnet worden sind.

Die Einen nennen das Knochen, was man im gemeinen Leben einen Knochen nennt, und entfernen, wenn sie denselben chemisch untersuchen, zwar alle ihm anhängenden fremden Theile, wie Muskeln, Bänder und Knochenhaut, nicht aber Gewebe, die ihm inhäriren, wie beispielsweise das Knochenmark.

Die Andern nennen Knochen kleine, auf künstlichem Wege dargestellte Stückchen der compacten Rindensubstanz, von welcher sie nicht nur alles anhängende Mark, sondern selbst anhaftende spongiöse Substanz sorgfältigst entfernt haben, und

wählen diese zu ihren Analysen, offenbar in der Meinung, das Knochengewebe auf diese Weise in möglichster Reinheit zu untersuchen. Diesem zweiten Operationsverfahren, welches beiläufig bemerkt die meisten und unter ihnen die angesehensten Chemiker eingeschlagen haben, dürfte vielfältig eine falsche Vorstellung von der Natur des Knochengewebes zu Grunde liegen. Das Knochengewebe ist, um *E. H. Weber*'s Nomenklatur zu brauchen, ein aus zusammensetzenden Geweben zusammengesetztes, es enthält unfehlbar Zellgewebe mit Fett, Blutgefässe und Nerven, und ist in der compacten Substanz, wo sich von diesen inhärenten Bestandtheilen nur Spuren finden, nicht reiner als in der spongiosa, wo dieselben mehr massenhaft auftreten.

Unverkennbar ist, dass beide Experimentalmethoden nicht gleiche Resultate geben können, und dass eben desswegen die Resultate derselben sorgfältig auseinander gehalten werden müssen. Nur weil dies vielfältig versäumt worden, liegt die Lehre von den nähern Bestandtheilen der Knochen noch heute so sehr im Argen.

Die chemischen und anatomischen Handbücher folgen, wenn sie die Zusammensetzung der Knochen besprechen, fast ohne Ausnahme den Autoren, welche ausschliesslich mit compacter Knochensubstanz arbeiteten, und verleiten, indem sie dies nicht ausdrücklich hervorheben, zu der Annahme, dass quantitative Bestimmungen, welche nur für die compacte Substanz gelten dürfen, für die Knochensubstanz überhaupt gelten. Auf diese Weise sind grobe Missverständnisse entstanden, z. B. dass die Knochen etwa $^1/_3$ organische Substanz und $^2/_3$ anorganische enthalten, und wie schwer es bisher war, sich solchen Missverständnissen zu entziehn, mag ein Urtheil *Scherer*'s beweisen, der die Erfahrungen *Stark*'s, welcher bis 29 Proc. Fett in den Knochen gefunden hatte, verwarf, weil *v. Bibra* durch die sorgfältigsten Untersuchungen erwiesen habe, dass die Knochen nur 2—3 Proc. Fett enthielten [1]. Indess hatte *v. Bibra* nur die compacte Substanz, *Stark* dagegen den Knochen im Ganzen untersucht, und so hat sich selbst ein trefflicher Chemiker verleiten lassen, Knochenanalysen zusam-

---

1) *Canstat's* Jahresberichte für die Fortschritte im Jahre 1845. S. 139.

menzuwerfen, die wegen der Verschiedenheit der Versuchsobjecte gar keinen Vergleich erlauben.

Die von mir angestellten Versuche beziehen sich auf den Knochen im Ganzen. Ehe ich zu Mittheilungen von Einzelheiten übergehe, glaube ich die von mir befolgte Versuchsmethode schildern zu müssen.

Die aus der Leiche herauspräparirten, von allen fremden Anhängseln, also auch vom Periost so schnell wie möglich gesäuberten Knochen wurden frisch gewogen und dann getrocknet. Zu letzterem Zwecke wurden die Knochen entweder in der Nähe eines geheizten Ofens aufgehangen, was jedoch erst nach Wochen, bisweilen erst nach Monaten zum Ziele führte, oder in eine grosse Brütmaschine gebracht, in welcher die Temperatur constant auf der Siedehitze erhalten wurde. Durch Gegenwiegung des getrockneten Knochen erhielt ich den Wasserverlust und also auch den Wassergehalt des Knochens.

Ich habe Grund anzunehmen, dass die Wasserprocente, welche ich auf diese Weise ermittelte, in allen Fällen etwas zu klein ausfielen. Zwar habe ich mich wiederholt überzeugt, dass die von mir getrockneten Knochen bei der letzten Wägung mehr als lufttrocken waren, indem ihr Gewicht in einem ungeheizten Nebenzimmer binnen wenig Stunden merklich stieg; gleichwohl ist nicht wahrscheinlich, dass dieselben in einer Temperatur, welche höchstens 100° Cels. erreichte und während der Nachtzeit beträchtlich zu fallen pflegte, alles Wasser abgegeben haben sollten. Es ist dies um so weniger wahrscheinlich, als Knochen, die nicht zerstückelt sind und noch ihr Fett enthalten, sich für Trockenversuche in sehr ungünstigen Verhältnissen befinden. — Zu erwähnen ist noch, dass die in höheren Temperaturen trocknenden Knochen bisweilen durch ausfliessendes Fett beträchtliche Gewichtsverluste erleiden. Dieses Fett wurde gesammelt, gewogen und bei Bestimmung des Wasserverlustes in Abzug gebracht.

Im weiteren Verlaufe der Versuche wurden die getrockneten Knochen fein zerstückelt, bei 110—120° Cels. getrocknet, um das resorbirte Wasser zu entfernen, und nochmals gewogen. Hierauf wurde die zerstückelte Knochenmasse in einem Kolben mit Aether ausgekocht. Die Abkochung wurde mindestens drei mal, bisweilen fünf mal in frischem Aether wiederholt, bis dieser beim Eintauchen eines Papierstreifchens sich als fettfrei

erwies. Der zum Kochen der Knochen benutzte Aether wurde dann abgedampft, um das Gewicht des vorhandenen Fettes zu bestimmen. Anlangend die entfettete Knochenmasse, so wurde diese nochmals bei 110—120° C. getrocknet und dann in einem Platintiegel so lange der Glühhitze ausgesetzt, bis sie ihr Minimalgewicht erlangt hatte. Aus dem Vergleich der Gewichte vor und nach der Verbrennung ergab sich schliesslich das Verhältniss der verbrennlichen, leimgebenden Substanz, die ich Osseïn nenne, zu der unverbrennlichen, also zur Knochenerde.

Nicht unerwähnt darf bleiben, dass ich nur in wenigen Fällen die ganzen Knochen untersucht habe. In der Absicht, die beträchtlichen Unkosten der Arbeit und namentlich den enormen Zeitaufwand zu beschränken, sind in der Regel nur einige Theile der einzelnen Knochen untersucht worden [1]. Um nun die Irrthümer möglichst zu vermeiden, welche bei Schlüssen von Theilen auf das Ganze unvermeidlich sind, habe ich ein doppeltes Verfahren eingeschlagen. Entweder wurde der ganze Knochen zerkleinert und eine Partie der wohl untereinander geschüttelten Substanz in Untersuchung genommen, oder ich sonderte die Partien der Knochen, von denen zu vermuthen war, dass sie sich ungleich verhalten müssten, wie Apophysen und Diaphysen der Röhrenknochen, von einander, und unterwarf jede derselben einer besonderen Analyse. Ich will gleich hier bemerken, dass die Bezeichnung Apophyse in den nachstehenden Versuchen sich nicht auf die Apophysen im anatomischen Wortsinne beschränkt, sondern auf die Knochenenden von schwammigem Gefüge zu beziehen ist. Diese beiden Knochenenden zusammengenommen entsprechen der Masse nach ungefähr dem Reste des Knochens, welchen ich als Diaphyse aufführe, und bin ich in meinen Bestimmungen der Zusammensetzung des Knochens, letzteren als Ganzes genommen, von dieser Voraussetzung ausgegangen.

Ich glaube nun die Erfahrungen, die ich gemacht habe, im Einzelnen vorlegen zu müssen, obschon mir nicht entgeht, dass

---

1) Anlangend den Zeitaufwand, so würde ich bei meinen anderweitigen Amtsgeschäften denselben kaum haben bestreiten können, wenn ich mich nicht der fleissigen Hülfe des sehr geschickten Assistenten der Anatomie, Herrn *Klautsch*'s, erfreut hätte. Ich benutze gern die Gelegenheit, dies dankend anzuerkennen.

dies bei dem bedeutenden Umfange meines Materials etwas Bedenkliches hat. Da aber meine Absicht dahin geht, für die Procentgewichte der näheren Bestandtheile des Knochens brauchbare Mittelwerthe aufzustellen, so kann die Zahl der Fälle, aus welchen sie abgeleitet werden, nie gross genug sein. Ueberdies hoffe ich die Uebersichtlichkeit meines weitschichtigen Stoffes dadurch wesentlich zu erleichtern, dass ich die Erfahrungen, die an einer Leiche gemacht wurden, möglichst in eine Tabelle zusammendränge, und dass ich die Knochen, welche untersucht worden, in allen Tabellen in derselben Reihenfolge aufzähle.

Wer sich die Mühe giebt, die Zusammensetzung gleicher Knochen, beispielsweise der Schädeldecken, in verschiedenen Versuchsreihen zu vergleichen, der wird, vorausgesetzt dass die Knochen mit Rücksicht auf Alter und Constitution der bezüglichen Individuen überhaupt vergleichbar sind, eine Uebereinstimmung in den Zahlenverhältnissen finden, welche für die Brauchbarkeit der gewonnenen Resultate das beste Zeugniss ablegt.

A. Von dem Wassergehalte der Knochen.

Versuchsreihe I.

Die Versuche sind an einer abgemagerten Leiche eines Mannes von 45 Jahren angestellt. Die frischen Knochen sind in diesem Falle mit dem Periost gewogen, und werden also die Wasserprocente für das reine Knochengewebe etwas zu hoch ausfallen.

Knochen	Gewicht in Grammen		Wasserprocente
	frisch	getrocknet	
Schädel	736,43 Gr.	507,39 Gr.	31,1
Unterkiefer	86,21 »	62,25 »	27,8
Zungenbein	2,33 »	1,02 »	56,2
Halswirbel	112,33 »	49,90 »	55,6
Brustwirbel	541,00 »	192,40 »	64,4
Lendenwirbel	501,86 »	174,40 »	65,2
Kreuzbein	274,74 »	85,84 »	68,7
Brustbein	79,17 »	24,31 »	69,3
Die Rippen	658,02 »	273,18 »	58,5
Schulterblätter	206,62 »	100,04 »	48,4

Knochen	Gewicht in Grammen frisch	getrocknet	Wasserprocente
Schlüsselbeine	77,98 Gr.	42,32 Gr.	45,7
Oberarme	458,04 »	230,26 »	49,7
Ellenbogen	162,56 »	117,06 »	28,0
Speichen	146,40 »	81,74 »	44,2
Handwurzeln	70,06 »	25,84 »	68,1
Mittelhände	98,40 »	43,64 »	55,6
Finger	87,00 »	42,48 »	51,5
Hüftbeine	859,40 »	305,06 »	64,5
Oberschenkel	1501,00 »	722,40 »	51,8
Schienbeine	881,76 »	426,02 »	51,7
Wadenbeine	152,40 »	85,10 »	44,1
Fusswurzeln	403,00 »	165,76 »	58,9
Mittelfüsse	151,00 »	70,18 »	53,5
Zehen	57,64 »	24,88 »	53,4
Kniescheiben	102,24 »	38,32 »	62,5
Summa	8406,59 Gr.	3891,79 Gr.	

Es sind also 8406,59 — 3891,79 = 4514,8 Grammen Wasser verdunstet, und beträgt das Wasser im gegenwärtigen Falle 53,7 Proc. vom Gewichte des Skelets.

Versuchsreihe II.

An einem schwindsüchtigen Manne von 29 Jahren angestellt. Auch in diesem Falle ist das Periost nicht vom Knochen entfernt worden.

Knochen	Gewicht in Grammen frisch	getrocknet	Wasserprocente
Schädeldecken	288,83 Gr.	196,20 Gr.	32,7
Unterkiefer	121,69 »	87,12 »	28,4
Rest des Schädels	743,86 »	296,40 »	60,0
Die Wirbel	950,73 »	393,30 »	58,6
Kreuzbein	326,30 »	104,00 »	68,1
Zwischenwirbelknorpel	158,55 »	35,14 »	77,8
Brustbein	85,15 »	26,61 »	68,7
Die Rippen	547,80 »	286,02 »	47,7
Schulterblätter	238,14 »	113,90 »	52,2
Schlüsselbeine	69,76 »	32,80 »	53,0
Oberarme	528,10 »	253,00 »	52,1
Speichen	131,70 »	74,94 »	56,9
Ellenbogen	151,24 »	91,62 »	39,4
Handwurzeln	50,18 »	22,00 »	56,1

Knochen	Gewicht in Grammen		Wasserprocente
	frisch	getrocknet	
Mittelhand u. Finger	155,94 Gr.	80,16 Gr.	48,6
Hüftbeine	955,60 »	366,14 »	61,7
Oberschenkel	1676,76 »	782,00 »	53,4
Schienbeine	902,00 »	396,74 »	43,9
Wadenbeine	196,38 »	112,30 »	42,8
Fusswurzeln	400,40 »	165,12 »	59,0
Mittelfüsse u. Zehen	176,00 »	76,06 »	56,7
Kniescheiben	72,12 »	30,64 »	57,5
Rippenknorpel	97,85 »	34,00 »	65,2 .
Summa	9025,08 Gr.	4056,21 Gr.	

Also Wassergehalt des ganzen Skelets 4968,87 Grammen oder 55 Proc. vom Knochengewichte.

Versuchsreihe III.

Die Beobachtungen sind an der Leiche eines 38jährigen Selbstmörders von sehr robuster Constitution und ziemlich starkem panniculus adiposus angestellt. Die Knochen wurden nach Wegnahme des Periosts frisch gewogen, dann ziemlich lufttrocken zerstückelt und mit Aether ausgekocht, um den Fettgehalt zu bestimmen. Der fettfreie Knochen wurde hierauf bei 120° C. vollständig getrocknet und wieder gewogen. Selbstverständlich ergab nun das Gewicht des frischen Knochens, weniger Fett und getrocknete Knochenmasse, den Wassergehalt.

In nachstehender Tabelle ist das Gewicht der frischen Knochen, ferner der trocknen, von Fett und Wasser befreiten Knochen, desgleichen die Quantität des in denselben gefundenen Fettes und Wassers in Grammen angegeben. Die in der letzten Columne verzeichneten Wasserprocente beziehen sich auf 100 Theile des frischen Knochens.

Knochen	frische Knochen	trockne Knochen	Fett	Wasser	Wasser-procente.
Schädeldecken	456,35	340,19	32,22	83,94	18,4
Unterkiefer	105,36	74,67	7,31	23,38	22,2
Rest des Schädels	339,17	228,15	16,69	94,33	27,8
Die Wirbel	804,83	256,95	62,67	484,94	60,3
Kreuzbein	224,87	79,91	47,38	97,57	43,4
Brustbein	79,02	28,54	10,01	40,47	51,2
Die Rippen	498,24	246,06	49,78	202,40	40,6
Schulterblätter	188,66	109,58	23,90	55,18	29,3
Schlüsselbeine	59,30	33,36	9,10	16,84	28,4
Oberärme	445,44	238,12	124,68	82,64	18,6
Ellenbogen	151,20	97,22	29,94	24,04	15,9
Speichen	119,04	71,62	27,78	19,64	16,5
Handwurzeln	55,76	24,00	18,02	13,74	24,6
Mittelhände u. Finger	151,98	78,34	34,84	38,80	25,5
Hüftbeine	757,24	365,44	132,31	259,41	34,3
Oberschenkel	1370,70	648,60	442,12	279,98	20,4
Schienbeine	791,00	369,06	300,96	120,98	15,3
Wadenbeine	176,24	100,84	45,78	29,62	16,8
Fusswurzeln	404,05	142,80	182,23	79,02	19,6
Mittelfüsse u. Zehen	184,74	85,24	60,00	39,50	21,4
Kniescheiben	53,80	23,14	16,78	13,88	25,8
Zwischenwirbelknorpel	238,30	46,23	?	192,02	80,6
Rippenknorpel	193,02	67,24	1,96	123,82	64,15
Semilunarknorpel	12,30	3,22	0,40	8,86	72,0
Summa	7860,61	3758,52	1676,86	2425,05	

Die Rechnung ergiebt, dass das Skelet dieser ziemlich fetten Leiche nur 30,8 Proc. Wasser enthält.

Versuchsreihe IV.

Von der Leiche eines 46jährigen sehr magern Mannes wurden die Knochen des einen Schenkels benutzt. Das Periost ist nicht entfernt worden.

Knochen	Gewicht in Grammen		Wasserprocente
	frische Kn.	trockne Kn.	
Oberschenkel	966,23 Gr.	442,33 Gr.	54,2
Schienbein	556,43 »	259,67 »	53,3
Wadenbein	95,69 »	52,47 »	45,1
Kniescheibe	38,01 »	15,42 »	59,4
Fusswurzel	259,81 »	93,80 »	63,8
Mittelfuss	85,91 »	38,44 »	62,5
Zehen	37,40 »	14,01 »	63,2
Summa	2039,48 Gr.	916,14 Gr.	

Es sind also 2039,48 — 916,14 = 1123,34 Gramm. Wasser verdampft, woraus sich für sämmtliche Knochen ein Mittelwerth von 55 Proc. Wasser berechnet. Die drei vorausgehenden Versuche lehren, dass sich der Wassergehalt der untern Extremität von dem des ganzen Skelets nicht merklich unterscheide, so dass unbedenklich angenommen werden kann, dass die gefundenen 55 Proc. Wasser auch für das Skelet im Ganzen gelten.

Aus den mitgetheilten zahlreichen Beobachtungen ergiebt sich nun Folgendes:

1) Der Wassergehalt der Knochen schwankt innerhalb sehr weit gesteckter Grenzen und ist im Allgemeinen sehr viel grösser als man bisher annahm. Es fanden sich als minimum 16,5 Proc. in der Speiche (Vers. III) und als maximum 68,7 Proc. im Kreuzbein (Vers. I).

2) Die schwammigen Knochen sind wasserreicher als die compacten, dies zeigt sich beim Vergleich der Wirbel, des Brustbeins, der Hand- uud Fusswurzel-Knochen mit denen der Schädeldecke des Unterkiefers und des Schulterblattes.

3) Es scheint, dass die Knochen fetter Subjecte ärmer an Wasser sind als die magerer Personen (vergl. Vers. III mit I, II, IV). Dies war auch von vorn herein zu erwarten, denn da Wasser und Fett hauptsächlich in den Hohlräumen der Knochen untergebracht sind, so muss es der einen Substanz an Raum fehlen, wenn die andere im Uebermaass vorhanden ist.

4) Der Wassergehalt des ganzen Skelets beträgt nach den vier von mir aufgestellten Versuchsreihen

$$\frac{53,7 + 55,0 + 30,8 + 55,0}{4} = 48,6 \text{ Proc.}$$

in runder Summe gegen 50 Proc.

Freilich ist die Zahl der von mir angestellten Beobachtungen zur Begründung eines verlässlichen Mittelwerthes immer noch zu klein, und habe ich daher den vorstehend angegebenen noch einer weiteren Prüfung unterwerfen wollen.

Hierzu benutze ich eine Versuchsreihe über den Wassergehalt der Schädeldecke [1]. In meinen Versuchen wogen die Schädeldecken:

---

1) Unter Schädeldecke verstehe ich den Theil des Schädelgewölbes, welchen man bei Freilegung des Gehirns mit der Säge entfernt, also die

Versuchsreihe V.

Nr.	frisch	getrocknet	Wasserprocente
1.	316,89 Gr.	247,93 Gr.	21,7
2.	306,01 »	210,17 »	31,3
3.	376,32 »	252,90 »	32,8
4.	526,22 »	409,29 »	20,3
5.	395,20 »	304,34 »	23,0
6.	327,90 »	262,45 »	19,9
7.	355,20 »	267,20 »	30,8
8.	507,90 »	392,86 »	22,6
9.	610,52 »	412,46 »	32,4
10.	309,47 »	357,48 »	16,8
11.	398,00 »	325,17 »	18,3
12.	456,35 »	340,19 »	18,4
13.	288,83 »	196,20 »	32,7
Summa	5174,81 Gr.	3978,64 Gr.	

Hiernach enthalten die Schädeldecken im Mittel 23,1 Proc. Wasser.

Die Schädeldecke gehört aber zu den wasserärmsten Knochen des menschlichen Körpers und erhebt sich wohl kaum auf die Hälfte der Wasserprocente, die dem Skelet im Ganzen zukommen. Im Mittel meiner drei ersten Versuchsreihen verhält sich der Wassergehalt der Schädeldecke zu dem des ganzen Skelets wie 1 : 1,9. Nun ist aber nach 13 Versuchen das mittlere Procentgewicht des Wassers der Schädeldecke = 23,1 Proc. und würde hiernach der mittlere Wassergehalt des ganzen Skelets 23,1 . 1,9 = 43,89 Proc. betragen, ein Werth, welcher mit meiner auf directe Versuche gestützten Bestimmung = 48,6 Proc. nicht weit auseinandergeht.

Obschon die verschiedenen Knochen eines und desselben Skelets sehr ungleiche Mengen Wassers enthalten, so kann doch kein Zweifel sein, dass der Wassergehalt jedes einzelnen Knochens von dem Wassergehalte des ganzen Skelets abhänge, und diesem einigermassen entspreche. Wir sind unstreitig berechtigt anzunehmen, dass eine Schädeldecke, je nachdem sie sehr reich oder arm an Wasser ist, zu einem Skelete gehöre, welches entsprechend viel oder wenig Wasser enthält. Nun enthält die in Versuchsreihe V, Nr. 1 angeführte Schädeldecke 21,7 Proc.

Theile des Stirnbeines, der Scheitelbeine, Schläfbeine und des Hinterhauptbeines, welche zu den compactesten Knochen gehören.

Wasser, ein Quantum, welches noch unter dem mittleren Wassergehalte der Schädeldecke (= 23,1 Proc.) steht, und zu der Erwartung berechtigt, dass das Skelet, zu dem sie gehörte, mehr nicht als eine mittlere Wassermenge enthalten habe. Dieser wohlberechtigten Voraussetzung gegenüber ist nun von Wichtigkeit, dass die unter Nr. 1 aufgeführte Schädeldecke zu dem Skelet der Versuchsreihe I gehört, in welchem 53 Proc. Wasser nachgewiesen wurden.

Hiernach ist nicht wahrscheinlich dass ich den Wassergehalt der Knochen mit 48,6 Proc. überschätzt haben sollte und jeden Falls ist die weit verbreitete Annahme, dass die compacten Knochen 6—7 Proc., die schwammigen 12—30 Proc. Wasser enthalten, viel zu niedrig [1]).

B. Zusammensetzung der trocknen Knochen.

Versuchsreihe VI.

Das Versuchsobject ist ein Mann von 22 Jahren. Der Körper ist mässig wassersüchtig, sonst finden sich keine Spuren gestörter Ernährung, namentlich sind die Muskeln kräftig entwickelt.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochenerde
Schädeldecke	1,01	32,36	33,37	66,63
Wirbel	10,10	36,09	46,19	53,81
Hüftbein	11,07	37,02	48,09	51,91
Schulterblatt	18,73	31,14	49,87	50,13
Schlüsselbein	6,67	32,32	38,99	61,01
Oberarm-Apophyse	40,26	23,02	63,28	36,72
Oberarm-Diaphyse	6,46	29,93	36,39	63,61
Radius-Apophyse	38,77	21,31	60,08	39,92
» Diaphyse	4,23	30,13	34,36	65,64

1) Der enorme Unterschied zwischen den gewöhnlichen Schätzungen und den meinigen dürfte in der Hauptsache darauf beruhn, dass die wenigen Forscher, welche den Wassergehalt der Knochen selbstständig untersucht haben, ihre Angaben wohl nur auf eine sehr geringe Anzahl von Beobachtungen stützen. Hierzu kommt, dass ein vollständiges Trocknen der Knochen nur selten gelingt und endlich, dass eine Unterschätzung ihres Wassergehaltes unfehlbar eintritt, wenn man sich beim Präpariren der letzteren nicht sorgfältigst vor den Verlusten durch Verdampfung hütet, welche das Gewicht der frischen Knochen, welche mit den getrockneten verglichen werden, beträchtlich herabdrücken kann.

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochen-erde
Ellenbogen	12,64	27,94	40,58	59,42
Handwurzel	35,15	32,10	67,25	32,75
Mittelhand u. Finger	23,79	27,53	51,32	48,68
Oberschenkel-Apophyse	53,68	17,37	71,05	28,95
» Diaphyse	6,06	29,05	35,11	64,89
Schienbein-Apophyse	54,41	17,25	71,66	28,34
» Diaphyse	5,10	29,66	34,76	65,24
Wadenbein-Apophyse	42,01	21,25	63,26	36,74
» Diaphyse	3,38	30,36	34,19	65,81
Fusswurzel	56,69	18,20	74,89	25,11
Mittelfuss und Zehen	24,06	27,63	51,69	48,31
Rippen	7,19	33,95	41,14	58,86

Versuchsreihe VII.

Mann von 50 Jahren. Selbstmörder, kräftig gebauter Körper.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochen-erde
Schädeldecke	6,84	29,72	36,56	63,44
Wirbel	26,54	31,96	58,50	41,50
Huftbein	23,57	29,81	53,38	46,62
Schulterblatt	22,40	27,00	49,40	50,60
Schlüsselbein	24,78	26,40	51,18	48,82
Oberarm-Apophyse	67,04	13,45	80,49	19,51
» Diaphyse	19,66	25,55	44,21	54,79
Speiche-Apophyse	50,39	18,01	68,40	31,60
» Diaphyse	7,86	28,38	36,24	63,76
Ellenbogen	24,63	24,34	48,97	51,03
Handwurzel	44,20	25,05	69,25	30,75
Mittelhand u. Finger	37,44	21,46	58,90	41,10
Oberschenkel-Apophyse	56,88	15,95	72,83	27,17
» Diaphyse	8,12	29,62	37,74	62,26
Schienbein-Apophyse	67,87	12,85	80,72	19,28
» Diaphyse	20,49	24,57	45,06	54,94
Wadenbein-Apophyse	63,15	14,96	78,11	21,89
» Diaphyse	9,20	28,33	37,53	62,47
Fusswurzel	58,21	16,38	74,59	25,41
Mittelfuss u. Zehen	45,36	20,44	65,80	34,20
Rippen	23,91	32,03	55,94	44,06

Versuchsreihe VIII.

Mann von 51 Jahren, ausserordentlich abgemagert.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochen-erde
Schädeldecke	1,1	32,44	33,54	66,46
Wirbel	12,8	43,34	56,14	43,86

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochen-erde
Hüftbein	1,5	41,07	42,57	57,43
Schulterblatt	0,8	38,59	39,39	60,61
Schlüsselbein	1,2	34,58	35,78	64,22
Oberarm-Apophyse	23,9	30,06	53,96	46,04
» Diaphyse	1,5	30,63	32,13	67,87
Speiche-Apophyse	20,0	31,92	51,92	48,08
» Diaphyse	2,2	30,32	32,52	67,48
Ellenbogen	4,5	29,99	34,49	65,51
Handwurzel	26,7	30,93	57,63	42,37
Mittelhand u. Finger	20,3	28,13	48,43	51,57
Oberschenkel-Apophyse	44,2	22,82	67,02	32,98
» Diaphyse	2,3	31,56	33,86	66,14
Schienbein-Apophyse	45,0	23,65	68,65	31,35
» Diaphyse	4,0	30,24	34,24	65,76
Wadenbein-Apophyse	36,6	26,75	63,35	36,65
» Diaphyse	2,7	30,84	33,54	66,46
Fusswurzel	40,4	24,85	65,25	34,75
Mittelfuss u. Zehen	26,9	28,66	55,56	44,44
Rippen	1,1	41,24	42,34	57,66

Versuchsreihe IX.

Mann von 36 Jahren, gut genährt, aber nicht fett.

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochen-erde
Schädeldecke	6,5	31,5	38,0	62,0
Wirbel	42,0	24,4	66,4	33,6
Hüftbein	15,8	35,4	51,2	48,8
Schulterblatt	16,0	31,8	47,8	52,2
Schlüsselbein	18,8	27,5	46,3	53,7
Oberarm	24,6	25,6	50,2	49,8
Speiche	26,4	24,8	51,2	48,8
Handwurzel	35,5	31,4	66,9	33,1
Mittelhand u. Finger	36,4	24,2	60,6	39,4
Oberschenkel	52,6	16,8	69,4	30,6
Schienbein-Apophyse	44,55	17,85	71,9	28,1
» Diaphyse	24,5	24,2	48,7	51,3
Wadenbein	28,0	23,4	51,4	48,6
Fusswurzel	52,2	18,6	70,8	29,2
Mittelfuss u. Zehen	41,7	24,1	65,8	34,2
Rippen	8,3	38,0	46,3	53,7

Versuchsreihe X.

Mann von 23 Jahren, an der Lungenschwindsucht gestorben, höchst abgezehrt Ueberaus weisse Knochen.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochenerde
Schadeldecke	0,13	32,76	32,89	67,11
Wirbel	0,90	41,22	42,12	57,88
Huftbein	0,67	41,32	41,99	58,01
Schulterblatt	0,32	39,77	40,09	59,91
Schlüsselbein	0,25	37,71	37,96	62,04
Oberarm	0,27	37,00	37,27	62,73
Speiche	0,10	37.96	38,06	61,94
Ellenbogen	0,23	35,52	35,75	64,25
Handwurzel	0,88	43,21	44,09	55,91
Mittelhand u. Finger	0,13	40,24	40,37	59,63
Oberschenkel	0,25	37,41	37,66	62,34
Schienbein-Apophyse	0,65	41,13	41,78	58,22
» Diaphyse	0,13	32,49	32,62	67,38
Wadenbein	0,15	35,75	35,90	64,10
Fusswurzel	0,60	40,56	41,16	58,84
Mittelfuss u Zehen	0,48	40,01	40,49	59,51
Rippen	0,30	42,07	42,37	57,63

Versuchsreihe XI.

Mann von 67 Jahren, gross und mager.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochenerde
Schädeldecke	5,7	30,2	35,9	64,1
Wirbel	14,5	43,9	58,4	41,6
Huftknochen	23,5	31,6	55,1	44,9
Schulterblatt	21,7	33,9	55,6	44,4
Oberarm	34,9	24,5	59,4	40,6
Rippen	9,98	39,09	49,07	50,93

Versuchsreihe XII.

Mann von 78 Jahren, sehr abgemagert.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochenerde
Schädeldecke	7,4	27,9	35,3	64,7
Wirbel	7.1	42,2	49,3	50,7
Huftbein	8,6	39,3	47,9	52,1
Schulterblatt	6,9	35,3	42,2	57,8
Schlüsselbein	10,4	31,4	41,8	58,2
Mittelhand u. Finger	28,6	25,0	53,6	46,4
Rippen	6,5	38,9	45,4	54,6



Versuchsreihe XIII.

Jüngling von 15—16 Jahren, nach Amputation eines zerschmetterten Armes gestorben. Das Individuum war für sein Alter gross und kräftig gebaut.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochenerde
Oberarm-Apophyse	27,60	27,95	55,55	44,45
» Diaphyse	14,30	28,54	42,84	57,16
Speiche-Apophyse	34,00	25,01	59,01	40,99
» Diaphyse	13,70	29,51	43,21	56,79
Ellenbogen-Apophyse	35,70	23,79	59,49	40,51
» Diaphyse	16,20	28,74	44,94	55,06
Handwurzel	49,80	19,48	69,28	30,72
Mittelhand u. Finger	37,50	23,69	61,19	38,81

Versuchsreihe XIV.

Mädchen von 4 Jahren. Die Knochen sind einem natürlichen Skelet entnommen, welches ein Paar Jahre früher präparirt worden war.

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochenerde
Wirbel	1,0	41,98	42,98	57,02
Hüftbein	4,9	41,75	46,65	53,35
Schulterblatt	3,8	41,94	45,74	54,26
Oberarm-Apophyse	26,9	40,79	67,69	32,31
» Diaphyse	14,6	34,42	49,02	50,98
Speiche	21,5	34,78	56,28	43,72
Ellenbogen	23,4	36,84	60,24	39,76
Mittelhand u. Finger	22,4	37,95	60,35	39,65
Oberschenkel-Apophyse	25,3	33,76	59,06	40,94
» Diaphyse	2,1	37,01	39,11	60,89
Schienbein-Apophyse	38,3	29,55	67,85	32,15
» Diaphyse	20,7	31,09	51,79	48,21
Fusswurzel	39,3	33,69	72,99	27,01
Mittelfuss u. Zehen	21,4	39,38	60,78	39,22
Rippen	0,8	40,47	41,27	58,73

Versuchsreihe XV.

Knochen eines neugeborenen, wohl entwickelten Knabens.

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochenerde
Schädel	1,01	43,56	44,57	55,43
Wirbel	0,43	41,72	42,15	57,85

Knochen	Fett	Osseïn	organ. Substanz	Knochen-erde
Hüftknochen	0,89	42,02	42,91	57,09
Schulterblatt	0,64	41,93	42,57	57,43
Schlüsselbein	1,10	38,47	39,57	60,33
Oberarm	0,73	40,20	40,93	59,07
Speiche	0,42	39,13	39,55	60,45
Ellenbogen	0,45	39,22	39,67	60,33
Oberschenkel	0,93	40,32	41,25	58,75
Schienbein	0,56	40,87	41,43	58,57
Wadenbein	0,25	40,80	41,05	58,95
Rippen	0,48	39,01	39,49	60,51

Versuchsreihe XVI.

In der Geburt erstickter Knabe.

Knochen	Fett	Ossein	organ. Substanz	Knochen-erde
Schadel	0,01	37,90	37,91	62,09
Wirbel	1,37	37,18	38,55	61,45
Hüftbein	1,50	42,36	43,86	56,14
Schulterblatt	2,98	38,91	41,89	58,11
Schlusselbein	1,90	36,10	38,00	62,00
Oberarm	1,40	40,03	41,43	58,57
Speiche	1,51	39,20	40,71	59,29
Ellenbogen	2,16	38,45	40,61	59,39
Mittelhand u. Finger	1,73	41,57	43,30	56,70
Oberschenkel	0,83	41,16	41,99	58,01
Schienbein	0,94	41,21	42,15	57,85
Wadenbein	1,92	39,13	41,05	58,95
Mittelfuss u. Zehen	2,38	42,86	45,24	54,76
Rippen	1,39	39,05	40,44	59,56

Versuchsreihe XVII.

Ein 36jähriger, robuster Selbstmörder. Dieselbe Leiche, welche zur Bestimmung des Wassergehaltes in Versuchsreihe II benutzt worden ist.

Knochen	Ossein u. Erden	Fett
Schadel	92,08 Proc.	7,92 Proc.
Unterkiefer	91,08 »	8,92 »
Wirbel	80,39 »	19,61 »
Kreuzbein	62,85 »	37,15 »
Hüftbein	73,42 »	26,58 »
Schulterblatt	82,10 »	17,90 »
Schlüsselbein	78,57 »	21,43 »
Oberarm	65,64 »	34,36 »

Knochen	Ossein u. Erden	Fett
Speiche	72,06 Proc.	27,94 Proc.
Ellenbogen	76,46 »	23,54 »
Handwurzel	57,14 »	42,86 »
Mittelhand u. Finger	69,22 »	30,78 »
Oberschenkel	59,47 »	40,53 »
Schienbein	55,08 »	44,92 »
Wadenbein	68,78 »	31,22 »
Fusswurzel	43,93 »	56,07 »
Mittelfuss u. Zehen	58,69 »	41,31 »
Rippen	83,21 »	16,79 »
Brustbein	74,04 »	25,96 »
Kniescheibe	57,97 »	42,03 »

In den vorstehenden Tabellen, die letzte ausgenommen, ist zwar das Procentgewicht des Osseïn und der Knochenerde bereits angegeben worden; da sich aber diese Gewichte auf den fetthaltigen Knochen beziehen, so variiren die Zahlen, welche den Verhältnissen entsprechen, ausserordentlich und gestatten nicht zu übersehn, innerhalb welcher Grenzen sie schwanken.

Ich werde also in den Tabellen des nächstfolgenden Abschnitts die Procentgewichte des Osseïns und der Knochenerde im fettfreien Knochen vorlegen, und werde in der letzten Längenreihe der Tabellen das Verhältniss der Knochenerde zum Osseïn (E : O) in der Weise verzeichnen, dass die Menge des Osseïn = 1 gesetzt ist. Die Angaben beziehen sich übrigens auf dieselben Fälle, welche im vorstehenden Kapitel behandelt wurden, weshalb auch die schon dagewesenen Versuchsnumern sich wiederholen.

C. Verhältniss der Knochenerde zum Osseïn, E : O.

Versuchsreihe VI. (Lebensalter 22 Jahre.)

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	32,69	67,31	2,06
Wirbel	40,14	59,86	1,49
Hüftknochen	41,63	58,37	1,40
Schulterblatt	38,32	61,68	1,61
Schlüsselbein	34,63	65,37	1,89
Oberarm-Apophyse	38,54	61,46	1,59
» Diaphyse	32,00	68,00	2,13
Speiche-Apophyse	34,80	65,20	1,87
» Diaphyse	31,46	68,54	2,18

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Ellenbogen	31,98	68,02	2,12
Handwurzel	49,50	50,50	1,02
Mittelhand u. Finger	36,12	63,38	1,77
Oberschenkel-Apophyse	37,49	62,51	1,67
» Diaphyse	30,92	69,08	2,23
Schienbein-Apophyse	37,84	62,16	1,64
» Diaphyse	31,25	68,75	2,20
Wadenbein-Apophyse	36,65	63,35	1,73
» Diaphyse	31,57	68,43	2,17
Fusswurzel	42,03	57,97	1,38
Mittelfuss u. Zehen	36,39	63,61	1,75
Rippen	36,58	63,42	1,73

Versuchsreihe VII. (Lebensalter 50 Jahre.)

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	51,9	68,1	2,06
Wirbel	43,5	5,65	1,29
Hüftbein	39,0	61,0	1,48
Schulterblatt	34,8	65,2	1,87
Schlüsselbein	35,1	64,9	1,85
Oberarm-Apophyse	40,8	59,2	1,45
» Diaphyse	31,8	68,2	2,15
Speiche-Apophyse	36,3	63,7	1,75
» Diaphyse	30,8	67,2	2,25
Ellenbogen	32,3	67,7	2,09
Handwurzel	44,9	55,1	1,23
Mittelhand u. Finger	34,3	65,7	1,91
Oberschenkel-Apophyse	37,0	63,0	1,70
» Diaphyse	32,2	67,8	2,10
Schienbein-Apophyse	40,0	60,0	1,50
» Diaphyse	30,9	69,1	2,24
Wadenbein-Apophyse	40,6	59,4	1,46
» Diaphyse	31,2	68,8	2,20
Fusswurzel	39,2	60,8	1,55
Mittelfuss u. Zehen	37,4	62,6	1,67
Rippen	42,1	57,9	2,13

Versuchsreihe VIII. (Lebensalter 51 Jahre.)

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	31,5	68,5	2,17
Wirbel	49,7	51,3	1,04
Hüftbein	41,7	58,3	1,40
Schulterblatt	38,9	61,1	1,57
Schlüsselbein	35,0	65,0	1,86
Oberarm-Apophyse	39,5	60,5	1,53

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Oberarm-Diaphyse	31,1	68,9	2,21
Speiche-Apophyse	39,9	60,1	1,51
» Diaphyse	31,0	69,0	2,23
ulna	31,4	68,6	2,18
Handwurzel	42,2	57,8	1,37
Mittelhand u. Finger	35,3	64,7	1,83
Oberschenkel-Apophyse	40,9	59,1	1,44
» Diaphyse	32,3	67,6	2,09
Schienbein-Apophyse	43,0	57,0	1,33
» Diaphyse	31,5	68,5	2,17
Wadenbein-Apophyse	42,2	57,8	1,37
» Diaphyse	31,7	68,3	2,15
Fusswurzel	41,7	58,3	1,40
Mittelfuss u. Zehen	39,2	60,8	1,55
Rippen	41,7	58,3	1,40

Versuchsreihe IX. (Lebensalter 36 Jahre.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	33,7	66,3	1,97
Wirbel	42,0	58,0	1,40
Hüftbein	42,0	58,0	1,40
Schulterblatt	37,8	62,2	1,65
Schlüsselbein	33,9	66,1	1,95
Oberarm	33,9	66,1	1,95
Speiche	33,7	66,3	1,97
Handwurzel	48,7	51,3	1,05
Mittelhand u. Finger	38,1	61,9	1,62
Oberschenkel	35,4	64,6	1,82
Schienbein-Apophyse	38,3	61,7	1,61
» Diaphyse	32,1	67,9	2,11
Wadenbein	32,5	67,5	2,08
Fusswurzel	38,9	61,1	1,57
Mittelfuss u. Zehen	41,3	58,7	1,42
Rippen	41,4	58,6	1,41

Versuchsreihe X. (Lebensalter 23 Jahre.)

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	32,8	67,2	2,05
Wirbel	42,6	57,4	1,35
Hüftbein	41,6	58,4	1,40
Schulterblatt	39,9	60,1	1,51
Schlüsselbein	37,8	62,2	1,65
Oberarm	37,1	62,9	1,69
Speiche	38,0	62,0	1,63

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Ellenbogen	35,6	64,4	1,81
Handwurzel	43,6	56,4	1,29
Mittelhand u. Finger	40,3	59,7	1,48
Oberschenkel	37,5	62,5	1,67
Schienbein-Apophyse	41,4	58,6	1,41
» Diaphyse	32,6	67,4	2,07
Wadenbein	35,8	64,2	1,80
Fusswurzel	40,8	59,2	1,45
Mittelfuss u. Zehen	40,2	59,8	1,49
Rippen	42,2	57,8	1,37

Versuchsreihe XI. (Lebensalter 67 Jahre.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	32,0	68,0	2,12
Wirbel	51,3?	48,7?	0,95?
Hüftbein	41,3	58,7	1,42
Schulterblatt	43,3	56,7	1,31
Oberarm	37,6	62,4	1,66
Rippen	43,4	56,6	1,30

Versuchsreihe XII. (Lebensalter 78 Jahre.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	30,2	69,8	2,31
Wirbel	45,4	54,6	1,20
Hüftbein	43,0	57,0	1,33
Schulterblatt	37,9	62,1	1,63
Schlüsselbein	35,0	65,0	1,85
Mittelhand u. Finger	35,0	65,0	1,85
Rippen	41,6	58,4	1,44

Versuchsreihe XIII. (Lebensalter 16 Jahre.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Oberarm-Apophyse	38,6	61,4	1,59
» Diaphyse	33,3	66,7	2,00
Speiche-Apophyse	37,9	63,1	1,66
» Diaphyse	34,2	65,8	1,92
Ellenbogen-Apophyse	37,0	63,0	1,70
» Diaphyse	34,3	65,7	1,91
Handwurzel	38,8	61,2	1,58
Mittelhand u. Finger	37,9	62,1	1,64

Versuchsreihe XIV. (Mädchen von 4 Jahren.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Wirbel	42,4	57,6	1,36
Hüftbein	43,9	56,1	1,28
Schulterblatt	43,6	56,4	1,29
Oberarm-Apophyse	55,8	44,2	0,79
» Diaphyse	40,3	59,7	1,48
Speiche	44,3	55,7	1,26
Ellenbogen	48,1	51,9	1,08
Mittelhand u. Finger	48,9	51,1	1,04
Oberschenkel-Apophyse	45,2	54,8	1,21
» Diaphyse	37,8	62,2	1,65
Schienbein-Apophyse	47,9	52,1	1,09
» Diaphyse	39,2	60,8	1,55
Wadenbein	43,7	56,3	1,29
Fusswurzel	55,5	44,5	0,80
Mittelfuss u. Zehen	50,1	49,9	0,99
Rippen	40,8	59,2	1,45

Versuchsreihe XV. (neonatus.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Schädel	36,2	63,8	1,76
Wirbel	41,9	58,1	1,39
Hüftbein	42,4	57,6	1,36
Schulterblatt	42,2	57,8	1,37
Schlüsselbein	38,9	61,1	1,57
Oberarm	40,5	59,5	1,47
Speiche	39,3	60,7	1,54
Ellenbogen	39,4	60,6	1,54
Mittelhand u. Finger	38,6	61,4	1,59
Oberschenkel	40,7	59,3	1,46
Schienbein	41,1	58,9	1,43
Wadenbein	40,9	59,1	1,44
Mittelfuss u. Zehen	39,7	60,3	1,77
Rippen	39,2	60,8	1,55

Versuchsreihe XVI. (neonatus.)

Knochen	Osseïn	Knochenerde	E : O
Schädel	37,9	62,1	1,64
Wirbel	37,7	62,3	1,65
Hüftbein	43,0	57,0	1,33
Schulterblatt	40,1	59,9	1,49
Schlüsselbein	36,8	63,2	1,72
Oberarm	40,6	59,4	1,46

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Speiche	39,8	60,2	1,51
Ellenbogen	39,3	60,7	1,54
Mittelhand u. Finger	42,3	57,7	1,36
Oberschenkel	41,5	58,5	1,41
Schienbein	41,6	58,4	1,40
Wadenbein	39,9	60,1	1,50
Mittelfuss u. Zehen	43,9	56,1	1,30
Rippen	39,6	60,4	1,53

Versuchsreihe XVII.

Benutzt wurden die Knochen verschiedener erwachsener Individuen von unbekanntem Geschlechte.

Knochen	Ossein	Knochenerde	E : O
Schädeldecke	33,9	66,1	1,95
Wirbel	37,9	62,1	1,63
Hüftbein	36,0	64,0	1,80
Schulterblatt	35,8	64,2	1,80
Oberarm	41,3	58,7	1,42
Speiche	37,4	62,6	1,67
Ellenbogen	35,7	64,3	1,80
Handwurzel	45,9	54,1	1,18
Oberschenkel	35,3	64,7	1,83
Schienbein	35,4	64,6	1,82
Wadenbein	36,0	64,0	1,80
Fusswurzel	47,5	52,5	1,10
Rippen	38,3	61,7	1,61

Die Resultate, zu welchen die Analysen trockner Knochen geführt haben, sind folgende:

1. Verhältniss der organischen Substanz zur Knochenerde.

Das Verhältniss der organischen Substanz zur unorganischen schwankt, wenn man wie selbstverständlich das Fett zur ersteren rechnet, so auffallend, dass die Angabe eines Mittelwerthes kaum von Interesse ist.

Als minimum der organischen Substanz fand ich 32,13 Proc. (II Oberarm-Diaphyse), als maximum 80,72 Proc. (II Schienbein-Apophyse) [1]. Offenbar sind die Schwankungen des Procent-

1) Die römischen Ziffern beziehen sich auf die Versuchsreihe, in welcher der bezügliche Fall zu suchen ist.

gewichtes von dem äusserst ungleichen Fettgehalte abhängig, wie der Umstand beweist, dass in kleinen Kindern und abgezehrten Personen das Procentgewicht der organischen Substanz im Allgemeinen sehr gering ist.

2. Fettgehalt der Knochen.

Der Fettgehalt der Knochen unterliegt den auffallendsten Schwankungen. Ich habe als minimum 0,1 Proc. (V Speiche), als maximum 67,87 Proc. (II Schienbein-Apophyse) gefunden. Die Fettmenge der Knochen wächst erstens mit der Fettmenge des ganzen Körpers. Obschon ich keine Gelegenheit hatte, die Knochen sehr fetter Menschen zu untersuchen, so sind die von mir vorgelegten Versuchsreihen doch vollkommen ausreichend, diesen Satz zu beweisen. In dem Körper des Schwindsüchtigen (X) erhebt sich der Fettgehalt der Knochen nicht einmal auf 1 Proc. In den Leichen abgezehrter, besonders sehr alter Männer (VIII, XI, XII) finden sich ebenfalls sehr geringe Fettmengen, nicht selten unter 10 Proc. Viel grössere Fettmengen liefern die Knochen von mässig beleibten Körpern (VI, VII, IX).

Unstreitig hat zweitens auch das Lebensalter einen Einfluss, so dass an den beiden Lebensgrenzen, und namentlich bald nach der Geburt der Fettgehalt der Knochen gering ist. Man wird ein neugebornes Kind, wenn es gut entwickelt ist, im Allgemeinen nicht fettarm nennen können und doch erheben sich in einem solchen Falle die Fettprocente der Knochen nur bis zu 1,10 Proc.

Aeusserst auffällig ist der Unterschied des Fettgehaltes in den verschiedenen Knochen eines und desselben Skelets und sogar in den verschiedenen Stücken eines und desselben Knochens. Meine Versuche beweisen ohne Ausnahme, dass die Apophysen überaus viel fettreicher sind als die Diaphysen, häufig um das Zehnfache und mehr. Hieraus ergiebt sich beiläufig, dass das in den Höhlen der Röhrenknochen enthaltene Mark nicht die Hauptquelle des Knochenfettes abgiebt.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die schwammigen Knochen viel fettreicher sind als die compacten. Dieser Ausdruck passt also erstens auf die Apophysen und Diaphysen der Röhrenknochen, er passt aber auch auf carpus und tarsus, welche sehr viel, und auf die Knochen der Schädeldecke, welche sehr wenig Fett enthalten. Der Ausdruck passt aber nicht auf

Wirbel und Hüftbein, welche in Bezug auf Fettgehalt beträchtlichen Schwankungen unterliegen, und bisweilen sehr wenig Fett enthalten.

Will man für den Fettgehalt der Knochen eines Individuums den Mittelwerth suchen, so reicht es nicht aus, die Fettprocente aller einzelnen Knochen zu addiren und mit der Zahl der gegebenen Fälle zu dividiren, denn ein solches Verfahren könnte nur zum Ziele führen, wenn sämmtliche Knochen gleiche Gewichte hätten. Man muss vielmehr constatiren, wie sich das Gesammtgewicht alles vorhandenen Fettes zum Gesammtgewichte aller bezüglichen Knochen verhalte, und muss also, wenn man zunächst nur die Procentgewichte des in den Knochen befindlichen Fettes kennt, diese durch Rechnung in absolute Gewichte umsetzen. Ist dies geschehen, so findet man das mittlere Procentgewicht des Fettes mit Hülfe der Formel

$$x = \frac{SF}{SK}$$

wo SF die Summe der Fettgewichte, SK die Summe der Knochengewichte und x das gesuchte mittlere Procentgewicht bedeutet.

Zu meinem Bedauern kann ich dieses allein exacte Rechnungsverfahren nur auf 4 Versuchsreihen anwenden, indem mir in allen übrigen die Kenntniss der Knochengewichte abgeht. Da ich nämlich bei meinen chemischen Untersuchungen fast nie den ganzen Knochen, sondern nur mehr oder weniger grosse Theile desselben analysirte, so war ich zunächst nur veranlasst, das Gewicht dieser Theile festzustellen und habe die Wägung der ganzen Knochen verabsäumt. Demohngeachtet hoffe ich auch in diesen unvollständigen Versuchsreihen den mittleren Fettgehalt mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen zu können, wie sich aus Folgendem ergeben wird.

Wenn ich in einer Versuchsreihe zwar die Fettprocente der einzelnen Knochen, nicht aber die absoluten Gewichte derselben ermittelt habe, so suche ich die zum Rechnen unentbehrlichen Werthe der letzteren durch angenäherte Bestimmungen zu ersetzen. Die Schwierigkeit dieser Aufgabe wird dadurch beträchtlich verringert, dass es nicht etwa darauf ankommt, für jeden Knochen das ihm zukommende absolute Gewicht aufzustellen, sondern nur darauf: relativ richtige Gewichte einzu-

führen, das will sagen solche, dass das Gewicht jedes Knochens zu dem jedes andern im rechten Verhältniss steht.

Man bedenke, dass es für die Berechnung des mittleren Fettgehaltes gleichgültig sein würde, ob man sich an das Gewicht der Knochen nur einer Körperhälfte oder an das doppelte Gewicht der Knochen beider Körperhälften hielte. Ob man also das absolute Gewicht der in Frage stehenden Knochen zu hoch oder zu niedrig anschlägt, ist für das Resultat der Rechnung, welche das Verhältniss der Fettmasse zur Knochenmasse bestimmen soll, durchaus gleichgültig.

Worauf es allein ankommt ist dies, dass wir nicht das Gewicht eines Knochens überschätzen, während wir den andern unterschätzen, oder, wie oben bemerkt wurde, dass wir jedem Knochen das richtige relative Gewicht geben. Denn hiervon hängt das Verhältniss $\frac{SF}{SK}$ ab, während das mittlere Procentgewicht des Fettes, welches wir suchen, wiederum von diesem Verhältnisse abhängt.

Man muss also, wenn man den mittleren Fettgehalt des Skelets sucht, aber die Gewichte der einzelnen Knochen nicht kennt, die fehlenden Gewichte durch fingirte zu ersetzen suchen, deren Berechtigung darauf beruht, dass sie den natürlichen Gewichtsverhältnissen der Knochen untereinander entsprechen. Ich will der Kürze wegen solche Gewichte Proportionalgewichte der Knochen nennen.

Bezeichnen wir nun das Proportionalgewicht eines Knochens mit P, das Procentgewicht des in ihm enthaltenen Fettes mit $F^0/_0$, so findet man die in den bezüglichen Knochen enthaltene Fettmenge mit Hülfe der Formel

$$Fm = \frac{F^0/_0 \cdot P}{100}$$

wo Fm die gesuchte Fettmenge bedeutet, selbstverständlich in der für die Proportionalgewichte angenommenen Gewichtseinheit ausgedrückt. Summirt man schliesslich die P Werthe einerseits und die Fm Werthe andererseits, so erhält man das Verhältniss der gesammten Knochenmasse zum gesammten Fettinhalte, womit die Frage nach dem mittleren Fettgehalte des Skelets beantwortet ist.

Eine derartige Rechnung lässt sich nun wirklich ausführen, da die Proportionalgewichte erwachsener Männer angenähert

constant sind. Bei neugebornen Kindern sind die Verhältnisse ganz anders als bei Erwachsenen, aber wahrscheinlich auch constant, natürlich annäherungsweise. Nach meinen bisherigen Erfahrungen stellen sich die relativen Gewichte der Knochen wie folgt: [1])

	in erwachsenen Männern	in Neugebornen
Speiche (os radii)	1	1
Kreuzbein	1,09	—
Hüftbein	6,32	5,5
Rippen einer Seite	4,00	3,98
Schlüsselbein	0,51	—
Schulterblatt	1,60	1,96
Oberarm	3,68	3,82
Ellenbogen	1,16	1,31
Handwurzel	0,40	—
Mittelhand u. Finger	1,18	—
Oberschenkel	10,80	7,71
Schienbein	6,51	4,52
Wadenbein	1,18	0,88
Fusswurzel	2,98	—
Mittelfüsse, Zehen	1,34	—
Unterkiefer	1,55	37,10
Uebriger Schädel	11,41	

Ich werde im Nachstehenden das Rechnungsverfahren, welches den mittleren Fettgehalt des Skelets aus den gegebenen Gewichten sämmtlicher Knochen ableitet, mit A bezeichnen, das andere Verfahren dagegen, bei welchem die unbekannten Knochengewichte durch fingirte, jedoch richtig proportionirte Werthe ersetzt werden, mit B. Gleich im Voraus sei bemerkt, dass beide Methoden nahezu dieselben Resultate ergeben. — Ich will endlich mit C dasjenige Verfahren bezeichnen, wo die Summe der Procentgewichte des Fettes mit der Zahl der beobachteten Fälle dividirt wird, also dasselbe Verfahren, welches ich oben als theoretisch unzulässig verworfen habe, weil dasselbe nur bei Gleichheit der Gewichte der in Untersuchung genommenen Knochen gerechtfertigt sein würde. —

Man durfte indess von vorn herein erwarten, dass auch der auf diese Weise gefundene mittlere Fettgehalt dem wahren ziemlich nahe kommen werde. Freilich wird ein sehr schwerer

1) Die nähern Angaben finden sich in meiner Abhandlung: über die relativen Gewichte der menschlichen Knochen.

Knochen die Grösse des fraglichen Mittelwerthes mehr beeinflussen als ein sehr leichter, und wird also der schwerere Knochen, wenn er fettreich ist, jenen Mittelwerth mehr emporschrauben und umgekehrt, wenn er fettarm ist, mehr herabdrücken, aber es ist auch klar, dass jedem dieser Fälle das gleiche Recht des Vorkommens zusteht, und dass daher in grossen Versuchsreihen aller Wahrscheinlichkeit nach die beiden entgegengesetzten Fälle sich ausgleichen werden. In der That ergiebt sich aus meinen Versuchen, dass die Resultate der C-Methode mit denen der A- und B-Methode sehr leidlich übereinstimmen, und schien es mir von Interesse, dies näher nachzuweisen.

Ich habe meine Erfahrungen über den mittleren Fettgehalt der Knochen in nachstehender Tabelle zusammengestellt und will nicht unterlassen, auf ein Paar schwache Punkte derselben im Voraus aufmerksam zu machen. In Versuchsreihe XV und XVI nämlich, welche an Neugebornen angestellt wurden, verdienen die nach der B-Methode ausgeführten Rechnungen nur wenig Zutrauen, weil die Proportionalgewichte der Knochen, auf welchen die Rechnung fusst, nur aus zwei Versuchsreihen abgeleitet werden konnten.

Tabelle

über den mittleren Fettgehalt des Skelets.

Versuch	Rechnungsverfahren		
	A	B	C
X. Abgezehrter Phthisiker, 23 Jahr alt	—	0,36 %	0,36 %
XV. Neugeborner	—	0,69 »	0,60 »
XVI. Neugeborner	—	0,97 »	1,45 »
XII. Abgezehrter Mann, 78 Jahr alt	—	11,80 »	11,35 »
VIII. Sehr abgezehrter Mann, 51 Jahr alt	—	16,31 »	15,22 »
XIV. Mädchen von 4 Jahren	—	—	18,44 »
XI. Sehr magerer Mann, 67 Jahr alt	20,56 %	21,45 »	20,91 »
VI. Akute Wassersucht, Mann von 22 J.	26,1 »	25,2 »	23,25 »
XIII. Jüngling von 16 J., gut genährt	—	26,4 »	31,6 »
XVII. Selbstmörder, robust, 38 J. alt	30,85 »	32,04 »	29,89 »
IX. Mann, gut genährt, 36 J. alt	—	35,1 »	35,83 »
VII. Selbstmörder, gut genährt, 50 J.	33,3 »	32,6 »	33,02 »

So wenig nun auch die Zahlen der vorstehenden Tabelle auf absolute Zuverlässigkeit Anspruch machen können, so sind

sie doch ausreichend, den Einfluss des Lebensalters und der Leibesconstitution auf den Fettgehalt der Knochen aufs Klarste nachzuweisen. Wir sehen nicht nur enorme Differenzen im Fettgehalte verschiedener Skelete, Unterschiede bis zum Hundertfachen, sondern wir sehen auch, wie diese Differenzen den Altersverschiedenheiten und den Veränderungen der Ernährung Schritt für Schritt folgen.

Man kann schliesslich noch fragen, wie hoch sich der mittlere Fettgehalt in den Knochen eines erwachsenen und gesunden Mannes stelle? Zur Beantwortung dieser Frage sind nur etwa die Versuchsreihen VI, VII, IX, XIII und XVII verwendbar. Nach diesen beträgt die mittlere Fettmenge

$$\frac{26{,}1 + 33{,}3 + 35{,}1 + 26{,}4 + 30{,}8}{5} = 30{,}3 \text{ Proc.}$$

Dieser Werth wird den Angaben der Handbücher gegenüber ganz enorm erscheinen, und doch dürfte derselbe, mit Rücksicht auf das Lebensalter des in Vers. XIII untersuchten jungen Menschen, und auf die Krankheit, welcher der in Vers. VI berücksichtigte Mann erlegen, eher zu niedrig als zu hoch sein.

3. Verhältniss der Knochenerde zum Osseïn.

Das Verhältniss der Knochenerde zum Osseïn (E:O der Tabellen) ist zwar sehr viel beständiger, als das der organischen Substanz zur unorganischen, unterliegt aber immerhin bemerkenswerthen Schwankungen.

Ich fand das Verhältniss E:O in minimo = 0,79 (Vers. XIV Oberarm-Apophyse), in maximo 2,25 (Vers. VII Speiche-Diaphyse), und sind selbst in den Knochen ein und desselben Skelets die Schwankungen beträchtlich, z. B. in Versuchsreihe VII 1,29—2,25.

Eine grosse Verschiedenheit besteht zwischen den Apophysen und Diaphysen, indem letztere viel reicher an Knochenerde sind als erstere. Die schlagendsten Beläge hierzu finden sich in den Versuchsreihen VI, VII, VIII und XIII. Ein ähnlicher Unterschied wie zwischen Apophysen und Diaphysen besteht übrigens zwischen allen schwammigen und compacten Knochen. Hat man das Fett entfernt, so findet sich in den compacten Knochen der Schädeldecke noch an 70 Proc. Asche, in den Wirbeln und Hüftknochen im carpus und tarsus dagegen nur ungefähr 60 Proc.

Der beim Fette so auffällige Einfluss der Nutritionsverhältnisse und des Lebensalters macht sich bei dem Verhältnisse der Knochenerde zum Osseïn nur wenig geltend, wie schon die oben vorgelegten Tabellen erkennen lassen. Eine genauere Einsicht in den Einfluss, welchen Alter und Constitution auf das fragliche Verhältniss ausüben, lässt sich nur durch Berechnung des Mittelwerthes gewinnen, welcher diesem Verhältnisse in den Skeleten verschiedener Personen zukommt.

Bezeichnen wir den Mittelwerth der variabeln Verhältnisse E : O mit x, die Summen der Knochenerde-Mengen mit SE, und die Summen der Osseïn-Mengen mit SO, so ist

$$x = \frac{SE}{SO}$$

Da E und O absolute Gewichte bedeuten, und da wir für Knochenerde und Osseïn, wie für das Fett, nur die Procentgewichte kennen, so müssen wir wiederum die Procentgewichte in absolute Gewichte umrechnen. Dies geschieht unter Anwendung der oben erörterten, unter A, B und C verzeichneten Rechnungsmethoden.

Tabelle

über das mittlere Verhältniss der Knochenerde zum Knochenknorpel, oder E : O = V.

Versuch	Rechnungsverfahren		
	A	B	C
XIV. Mädchen von 4 Jahren	—	—	1,20 %
XI. Sehr magerer Mann, 67 Jahr alt	1,47 %	1,34 %	1,41 »
XII. Abgezehrter Mann, 78 Jahr alt	—	1,36 »	1,61 »
XV. Neugeborner	—	1,38 »	1,49 »
XVI. Neugeborner	—	1,47 »	1,46 »
X. Phthisiker, 23 Jahr alt	—	1,54 »	1,58 »
VIII. Abgezehrter Mann, 51 Jahr	—	1,65 »	1,65 »
IX. Wohlgenährter Mann, 36 Jahr	—	1,67 »	1,65 »
VI. Acute Wassersucht, Mann von 22 J.	1,76 »	1,70 »	1,75 »
XIII. Jüngling von 16 J., gut genährt	—	1,77 »	1,74 »
VII. Selbstmörder, 50 J., gut genährt	1,74 »	1,88 »	1,74 »

Die vorstehende Tabelle lässt, wie mich dünkt, keinen Zweifel übrig, dass die Grösse der Verhältnisse E : O = V allerdings von dem Ernährungszustande des Körpers und von dem Lebensalter abhängt.

Besonders auffällig ist der Einfluss der Ernährung. In gut genährten Körpern ist die relative Menge der Knochenerde merklich grösser als in schlecht genährten. So ist in einem abgezehrten Phthisiker von 23 Jahren V = 1,51 (Vers. X), in einem gut genährten, obschon an acuter Wassersucht verstorbenen Manne von 22 Jahren V = 1,70 (Vers. VI). In einem sehr abgezehrten Manne von 51 Jahren V = 1,65 (Vers. VIII), in dem kräftigen Körper eines Selbstmörders von 50 Jahren V = 1,74 (Vers. VII). In den sehr abgezehrten Körpern zweier alten Männer sinkt V auf 1,34 und 1,36 (Vers. XI und XII).

Auch der Einfluss des Lebensalters ist unverkennbar. Bald nach der Geburt und bis zum 4. Jahre ist die relative Menge der Knochenerde eine sehr geringe, in den drei untersuchten Fällen V = 1,27; 1,38; 1,47 (Vers. XIV, XV und XVI).

Sehr merkwürdig ist das ganz ähnliche Verhältniss in den beiden alten Männern von 67 und 78 Jahren, in welchen V = 1,34 und 1,36 gefunden wurde. Freilich können diese sehr geringen Werthe auch auf die schlechte Ernährung der beiden Individuen bezogen werden. Sollten sie indess in letzter Potenz doch vom Lebensalter abhängen, was jedenfalls möglich und selbst wahrscheinlich ist, so würde sich das Merkwürdige ergeben, dass die relative Menge der Knochenerde im Anfange des Lebens stiege und dann wieder fiele. Unter allen Umständen verdient es Beachtung, dass meine an Greisen gemachten Beobachtungen durchaus nicht zu der weit verbreiteten Ansicht passen, dass die Knochen im Verlaufe der Jahre immer mehr verirden.

Flourens und *Milne-Edwards*, deren Untersuchungen ich jedoch nur aus Referaten kenne, wollen gefunden haben, dass das Verhältniss der Knochenerde zum Osseïn sich vom Lebensalter unabhängig erweise, und behauptet ersterer sogar, dass dasselbe in den Knochenkernen der Embryonen und in den Knochen der Erwachsenen von gleichem Werthe sei; indess können diese Angaben wohl nur darauf beruhn, dass die Zahl der benutzten Erfahrungen zur Begründung allgemeiner Schlüsse nicht ausreichte. Die Zahl der von mir vorgelegten Erfahrungen ist so bedeutend und ihre Uebereinstimmung unter einander, bei Gleichartigkeit der gegebenen Verhältnisse, so auffällig, dass eine merkliche Abhängigkeit des Verhältnisses E : O von Alter, von der Ernährung und der Struktur der Knochen

nicht bezweifelt werden kann. Mit Bezug auf diese Einflüsse bin ich auch der Ueberzeugung, dass an eine chemische Verbindung des Osseïn mit der Knochenerde nicht zu denken ist.

Soll ein mittleres Verhältniss E : O für erwachsene gesunde Männer aufgestellt werden, so hat man sich an die Versuche VI, VII und XIII zu halten. Das Verhältniss ist hiernach

$$\frac{1,76 + 1,74 + 1,77}{3} = 1,76$$

Da nun wasserfreie Knochen des erwachsenen Mannes 31,5 Proc. Fett, und folglich 68,5 Proc. Osseïn + Knochenerde enthalten, so stellt sich die Zusammensetzung wasserfreier Knochen im Mittel wie folgt

Fett	31,50	Proc.
Osseïn	24,81	»
Knochenerde	43,69	»
	100,00	Proc.

Der frische Knochen eines erwachsenen, gesunden Mannes besteht aber aus

Wasser	50	Proc.
Fett	15,75	»
Ossein	12,40	»
Knochenerde	21,85	»
	100,00	Proc.

Dr. D. Macaluso aus Palermo, *Untersuchungen über die galvanische Polarisation durch Chlor und Wasserstoff.* [1]) Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *G. Wiedemann.*

I.

Ueber die electromotorische Kraft des mit kleinen Mengen von Chlor beladenen Platins.

Stellt man in einer durch eine poröse Wand in zwei Abtheilungen getheilten Lösung von Chlorwasserstoffsäure zwei Platinbleche einander gegenüber und bringt in die eine derselben Spuren von freiem Chlor, so zeigt sich eine bedeutende electromotorische Kraft, welche mit etwas grösseren Zusätzen von Chlor sehr schnell wächst und bis auf etwa 0.6 der electromotorischen Kraft des Daniell'schen Normalelementes ansteigt.

Um diese Verhältnisse näher zu untersuchen, habe ich folgende Methode angewendet:

Drei Gläser *a*, *b*, *c*, Fig. 1, waren mit reiner, vorher ausgekochter Chlorwasserstoffsäure gefüllt, welche auf etwa 150 Molecüle Wasser ein Molecül Chlorwasserstoff enthielt. Diese Gläser waren durch zwei Heber verbunden, deren Enden mit Pergamentpapier geschlossen waren, und welche dieselbe Flüssigkeit, wie die Gläser, enthielten.

In die beiden Gefässe *a* und *c* tauchten zwei Platinbleche α und β, die die Drähte γ und δ trugen. Die Lösung des Gefässes *c* wurde mit Chlor vollständig gesättigt. Einige abgemessene Tropfen derselben Lösung wurden darauf zu der Lösung im Gefäss *a* hinzugefügt. Es wurde dann die Aen-

---

1) Die vorliegenden Untersuchungen wurden im physikalisch-chemischen Laboratorium der Universität Leipzig ausgeführt. Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit, Herrn Professor Wiedemann für seinen vielfachen gütigen Rath meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

derung der electromotorischen Kraft der so gebildeten Kette für den Zusatz eines jeden Tropfens bestimmt.

Die Gefässe *a* und *c* enthielten 305 Gramm der Lösung; jedes Platinblech hatte eine Breite von 19mm und eine Länge von 86mm. Die Lösung des Gefässes *c* war absichtlich gleich von vorn herein vollständig mit Chlor gesättigt worden, da nur so vollständig constante Resultate erzielt wurden. Selbst nicht unbedeutende Aenderungen des Chlorgehaltes dieser Lösung, etwa in Folge der Ausscheidung von Wasserstoff an der in dieselbe eingesenkten Platinplatte während des Hindurchgehens des Stromes bei den Versuchen, änderten die electromotorische Kraft nicht. Dies war selbst dann noch der Fall, wenn man durch die Lösung einen Strom von Luft oder Wasserstoffgas hindurchleitete.

Das Gefäss *b* hatte einen doppelten Zweck, einmal sollte es vollständig den Uebergang einer kleinen Menge Chlor aus *c* nach *a* verhindern, wie er leicht eintrat, wenn *a* und *c* direct durch einen Heber verbunden waren; ferner sollte es den Widerstand zwischen α und β vermehren, so dass, wenn bei der Ausführung der Messung, nach der Compensationsmethode, etwa ein Strom in dem einen oder anderen Sinne zwischen den beiden Platten α und β hindurchging, derselbe so geschwächt wurde, dass die dadurch entstehende Polarisation vernachlässigt werden konnte. Der Versuch zeigte, dass dies erreicht war.

Das Gefäss *a* war durch einen Korkstöpsel *T* verschlossen, welcher in Figur 2 im Durchschnitt gezeichnet ist. Durch eine Rinne an der Seite dieses Korkes ging der Heber *S* hindurch, der *a* und *b* verband. Die kleinen Zwischenräume zwischen dem Heber, dem Kork und dem Glase waren mit Watte verstopft. Durch ein Loch in der Mitte des Korkes liess sich eine Glasröhre auf und nieder schieben. Diese Röhre war oben mit einem Korkstöpsel geschlossen, durch welchen luftdicht der mit dem Platinblech α verbundene Platindraht ging. In den Stöpsel war ferner ein kleines, conisches Loch *G* (Fig. 2) gebohrt, in welchem ein Trichter *i* zum Einträufeln einzelner Tropfen von Chlorlösung befestigt werden konnte. Die Tropfen wurden folgendermassen in das Gefäss gebracht: man legte zunächst den kleinen Trichter *i* in eine mit Chlor gesättigte Lösung der auch zur Füllung der Gläser *a*, *b*, *c*

verwendeten Chlorwasserstoffsäure, so dass sich gleichsam seine ganze Oberfläche mit Chlor bedeckte. Mittelst einer in gleicher Weise behandelten Pipette wurde nun so lange Chlorlösung in den kleinen Trichter gefüllt, bis sich ein Tropfen von seiner unteren Oeffnung loslöste. Dabei war, wie auch der directe Versuch zeigte, das Gewicht der einzelnen Tropfen constant. 20 solcher Tropfen wogen zusammen 22 Decigramm, also ein einzelner 11 Ctgr., so dass, da die Menge der Flüssigkeit im Gefässe *a* 305 Gramm betrug, durch jeden neu hinzutretenden Tropfen die Menge des Chlors in der Gewichtseinheit der Flüssigkeit in *a* um 0.00036 des in der Gewichtseinheit von *c* vorhandenen Chlors vermehrt wurde.

Bei den Versuchen wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Zuerst wurde die Lösung im Glase *c* mit Chlorgas gesättigt. Sodann tauchte man in sie das Platinblech β ein. Um dieses sowohl, wie das in *a* eintauchende Blech α vollkommen rein zu erhalten, wurden beide Bleche in der Flamme eines Bunsen'schen Gasbrenners ausgeglüht, dann nacheinander mit Kalilauge, Wasser, Salpetersäure, Wasser und endlich mit einer Lösung von Chlorwasserstoffsäure, welche mit der in der Gaskette identisch war, gekocht. Darauf wurden die Gefässe *a* und *b* mit Chlorwasserstoffsäure, Wasser und endlich mit Alkohol gewaschen, stark erhitzt und von Neuem mit der ebenfalls vorher gekochten Chlorwasserstoffsäure gefüllt. Derselben Behandlung wurden die Heber und das Rohr *t* unterworfen. Alle diese Vorsichtsmassregeln, welche vielleicht überflüssig erscheinen könnten, waren nöthig, um brauchbare Messungen zu erhalten; denn auch die kleinste Menge Chlor auf den Platinblechen, in der Lösung, oder an den Wandungen der Gefässe übte einen sehr grossen Einfluss aus; es mussten desshalb auch die Gefässe *a* und *b* und das Blech β fern von dem mit der Chlorlösung gefüllten Gefäss *c* vorbereitet werden. Nachdem dann auf *a* der Kork *T* mit der Röhre *t* und der mit Chlorwasserstoffsäure gefüllte Heber *s* gesetzt und das Loch, in welches später der Trichter *i* eingesetzt werden sollte, mit Watte zugestopft war, wurde der Apparat, wie Figur 1 zeigt, zusammengestellt und die electromotorische Kraft

$$Pt \mid (Cl\,H + Cl) + Cl\,H \mid Pt$$

gemessen.

Vor jeder einzelnen Versuchsreihe wurde der Apparat

auseinandergenommen, auf die angegebene Art gereinigt und mit ganz frischen Flüssigkeiten gefüllt.

Die Messungen wurden, wie schon angeführt, vermittelst der Compensationsmethode angestellt. Dazu wurde der von Herrn Wiedemann[1]) umgeänderte Wheatstone'sche Rheostat benutzt. Das Galvanometer war eine Spiegelboussole, mit welcher man unter den obwaltenden Verhältnissen noch eine electromotorische Kraft, die $\frac{1}{500}$ der Kraft eines Daniell'schen Normalelementes betrug, messen konnte. Das Daniell'sche Normalelement, mit dem die untersuchte Kette verglichen wurde, hatte die in Wiedemann's Galvanismus 2. Aufl. p. 342 beschriebene Einrichtung. Um die Polarisation in demselben möglichst zu vermeiden, war die Kupfervitriollösung mehrere Stunden mit metallischem Kupfer und die Zinkvitriollösung mit kohlensaurem Zink gekocht worden. Sowohl die Normalkette, wie die zu untersuchende Kette, wurden mit einer Bunsen'schen Säule von 2 Elementen compensirt. Das Quecksilber in den Näpfen des Interruptors war so abgemessen, dass die Zeit der Schliessung etwa $\frac{1}{10}$ Secunde betrug.

Es wurden verschiedene Versuche nacheinander ohne Aenderung des Apparates angestellt, um zu sehen, ob die electromotorische Kraft constant blieb, d. h. ob nicht vielleicht Spuren von Chlor aus dem Gefässe c nach a übergingen. Die folgende Tabelle giebt zwei solcher Versuchsreihen.

Tabelle I.

Normalkette = D	Gaskette	Gaskette D = 100	Zeit
512	320	62.5	
512	321	62.7	5'
516	320	62.0	3
460	286	62.2	
460	286	62.2	5
459	286	62.3	10

Die erste Columne enthält die am Rheostat abgelesenen Längen, als mit dem Rheostat die Normalsäule eingeschaltet

1) Wiedemann, Galvanismus 2. Aufl. 1872. I. p. 359 und 360.

war, die zweite die Werthe für den Fall, wo die Gaskette in den Stromkreis gebracht war. In der dritten stehen die Verhältnisse der beiden Zahlen, in der vierten die Zeiten in Minuten, welche zwischen zwei Messungen verliefen.

Nachdem eine solche erste Messung angestellt war, wurde der Trichter *i* eingesetzt. Vorher war schon die Platinplatte β aus der Flüssigkeit in die darüber befindliche Röhre hinaufgezogen worden; dann wurde ein Tropfen der Chlorlösung aus dem Gefässe *c* in das Glas *a* eingegossen. Nach Entfernung des Trichters wurde durch das betreffende Loch eine Glasröhre eingeführt und zunächst auf die Oberfläche, ohne diese jedoch zu berühren, stark geblasen, um die chlorhaltige Flüssigkeit mit der Chlorwasserstoffsäurelösung zu mischen. Darauf wurde das Rohr bis auf den Boden geführt und durch Hindurchblasen von Luft eine Mischung der verschiedenen Theile der Flüssigkeit bewirkt. Nachdem darauf das Blech β eingetaucht war, wurden die Messungen vorgenommen. [1])

Diese wurden in verschiedenen Intervallen angestellt, bis die electromotorische Kraft nicht mehr abnahm; zwischen je zwei Beobachtungen wurde die Flüssigkeit von Neuem durch Hineinleiten von Luft gemischt. Auch hier wurde beobachtet, dass das Hindurchblasen der Luft keinen Einfluss hat. Darauf wurde zur Flüssigkeit in *a* ein neuer Tropfen hinzugefügt und die Messung ganz ebenso wie vorher angestellt.

Durch Vorversuche wurde jedesmal annähernd die Einstellung des Rheostaten bestimmt, bei welcher der durch das System hindurchgehende Strom die Intensität Null hatte, um bei den endgültigen Messungen jede Polarisation durch Ströme, die den Versuchsapparat durchliefen, zu vermeiden.

Die erste der folgenden Reihen giebt in der Columne (g)

---

1) Anfangs hielt ich es für zweckmässiger, statt das Blech β hinaufzuziehen, die Röhre *t* bis zum Boden hinabzuschieben und sie dann, nach Zufügen der Chlorlösung und dem Mischen der Flüssigkeit, wieder heraufzuziehen, während das Blech unten blieb, doch zeigten sich störende Umstände, wodurch bald grössere oder bald kleinere Zahlen erhalten wurden, je nachdem man die Röhre längere oder kürzere Zeit unten liess; dies trat besonders beim Eingiessen des ersten und zweiten Tropfens hervor. Es rührt dies wahrscheinlich von einer Condensation des Chlors auf der Oberfläche der Röhre *t* her.

die Anzahl der Tropfen der in das Gefäss *b* eingegossenen Chlorlösung, in der zweiten die electromotorischen Kräfte zu verschiedenen Zeiten (t) in Minuten nach Hinzufügen eines jeden Tropfens, oder richtiger nach dem Einsenken des Bleches in die Flüssigkeit, die einen neuen Tropfen enthielt. In den übrigen Reihen ist der constante Endwerth nach dem Hinzufügen eines neuen Tropfens angegeben.

1. Reihe.

g	D = 100	t
0	61.8 — 61.8	
1	57.0	1
	57.6	2
	57.7	4
	58.0 — 58.0	7
2	51.0	1
	48.2	2
	46.5	3
	45.2	5
	44.2 — 44.2	8
3	42.4	1
	37.8	2
	33.9	3
	33.6	5
	32.8	8
	32.3 — 32.3	14
4	22.1	1
	18.5	2
	17.1	3
	17.0	5
	16.6 — 16.6	8
5	14.1	1
	13.7	2
	13.5 — 13.5	5
7	11.2	1
	10.8 — 10.8	2
11	9.5	1
	9.7 — 9.7	2
21	6.5	1
	6.7	2
	6.7 — 6.7	5
31	5.4	1
	5.4	2
	5.6 — 5.6	6
41	4.9 — 4.9	1
61	4.4 — 4.4	1

2. Reihe.

g	D = 100	t
0	62.2	
1	57.8	8
2	44.2	8
3	26.7	10
4	15.6	4
5	14.6	8

3. Reihe.

g	D = 100	t
0	60.0	
1	58.8	9
2	50.0	11
3	27.8	23
4	16.1	8
5	14.0	6

4. Reihe.

g	D = 100	t
0	62.9	
1	61.2	10
2	59.3	11
3	48.9	7
4	36.9	5
5	19.0	19
6	13.6	6
7	13.1	3
8	12.4	4

Die Curven A auf der beigegebenen Fig. 3 geben die electromotorischen Kräfte, welche als Ordinaten aufgetragen sind, als Function der auf der Abscissenaxe aufgetragenen Zahl der hinzugefügten Tropfen von Chlorlösung.

Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, noch die folgende Reihe von Messungen beizufügen. Es beziehen sich diese auf die electromotorischen Kräfte, welche man erhält, wenn man die Chlorlösung hinzugiesst, ohne vorher die Platinplatte β aus der Lösung zu entfernen, wobei das Chlor, ehe es sich noch vollständig in der Lösung vertheilt hat, von dem Platinblech absorbirt werden kann.

Die entsprechende Curve ist die Curve B Fig. 3.

5. Reihe.

g	D = 100	t
0	61.0	Die Zeit wurde nicht gemessen
1	38.3	
2	26.6	
3	16.8	
4	12.9	
5	11.0	
7	10.3	
11	9.2	
21	6.4	

In unserer Kette wirken die electromotorischen Kräfte des vollständig mit Chlor gesättigten Platins in Gefäss c und des nur mit kleinen Mengen Chlor beladenen Platins in a einander entgegen. Eine Abnahme der electromotorischen Kraft der ganzen Kette entspricht mithin einer Zunahme der electromotorischen Kraft im Gefäss a.

Will man die Werthe der electromotorischen Kräfte des mit verschiedenen Mengen Chlor beladenen Platins im Gefäss a gegen reines Platin erhalten, so muss man von dem ersten Werthe alle folgenden subtrahiren. So sind z. B. für die Reihe 5 diese Werthe der electromotorischen Kräfte die folgenden:

g	D = 100
0	61 — 61.0 = 00.0
1	61 — 38.3 = 22.7
2	61 — 24.6 = 34.4
3	61 — 16.8 = 44.2
4	61 — 12.9 = 48.1

g	D = 100
5	61 — 11.0 = 50.0
7	61 — 10.3 = 50.7
11	61 — 9.2 = 51.8
21	61 — 6.4 = 54.6

Aus den obigen Tabellen und den entsprechenden Curven ergeben sich folgende Resultate:

1. Die electromotorische Kraft des Platins in einer Lösung von Chlorwasserstoffsäure, in der sich eine sehr kleine Menge freien Chlors befindet, gegen reines Platin ist nicht constant, sondern wächst mit der Zeit bis zu einem Maximum.
2. Bei wachsenden Mengen von Chlor, welche der Chlorwasserstoffsäure zugesetzt werden, wächst die electromotorische Kraft bis zu einem gewissen Punkte, von dem an sie nahezu constant bleibt.
3. Befindet sich das Platinblech beim Hinzufügen der Chlorlösung von Anfang an in der Flüssigkeit (Curve B), so wächst die electromotorische Kraft gleich von vornherein schnell, nahezu proportional der zugefügten Chlormenge und nähert sich dann allmählich einem Maximum.
4. Wird dagegen das Platinblech erst nach dem Zusatz der Chlorlösung in die Flüssigkeit eingetaucht, so wächst die electromotorische Kraft bei dem ersten Tropfen der Chlorlösung zuerst langsamer und erst bei den folgenden nähert sich der Gang der Erscheinung dem oben unter 3 angegebenen. (Curven A.)

Wie mir scheint, lassen sich diese Erscheinungen aus den Annahmen erklären, dass einmal die electromotorische Kraft nur von der Menge des auf der Oberfläche des Platins condensirten Chlors, nicht aber von der in der Lösung befindlichen Menge desselben abhängt; dass ferner das Platin und das Glas eine stärkere Anziehung auf das Chlor ausüben, als die Flüssigkeit, und dass endlich diese Anziehung bei dem Platin grösser als beim Glase ist. Tritt dann die Chlorlösung früher in Berührung mit den Wänden des Glases als mit dem Platinblech, so wird eine relativ bedeutende Menge Chlor auf den Glaswänden des Gefässes condensirt, von denen sie die Flüssigkeit nicht wieder entfernen kann, um sie auf das Platinblech zu übertragen. Treten dagegen zu gleicher Zeit das Platinblech und die Glasoberfläche mit der Chlorlösung

in Contact, so werden die beiden Körper je nach ihrem specifischen Anziehungsvermögen für das Gas und je nach der Grösse ihrer Oberfläche Chlormengen absorbiren.

Es zeigen nun die Curven A, dass nur für den ersten Tropfen sich der störende Einfluss des Glases geltend macht und dass dies nicht mehr bei dem Hinzusetzen der folgenden Tropfen der Fall ist, bis etwa zum fünften bei der Curve A und etwa bis zum vierten bei der Curve B, von wo an die electromotorische Kraft nahe constant bleibt. Daraus ergiebt sich unter der obigen Voraussetzung der verschiedenen Anziehung von Platin und Glas auf Chlor, dass schon der erste der angewandten Tropfen zur Sättigung der Glasoberfläche mit Chlor hinreicht, dass aber zum Sättigen der Platinoberfläche die 3- bis 4fache Menge erforderlich ist. Da die Oberfläche des Platins etwa $\frac{10}{75}$ von der des Glases betrug, so würden sich hiernach die Chlormengen, die man zum Sättigen gleich grosser Platin- und Glasoberflächen braucht, wie 20 bis 30 : 1 verhalten.

Diese letzten Zahlen haben offenbar nur einen vorläufigen Werth; spätere ähnliche Messungen, bei denen man die Oberfläche des Glases, des Platinbleches und die Flüssigkeitsmenge verschieden gross wählt, werden vielleicht das Problem vollständiger lösen.

II.

Ueber die electromotorische Kraft der Polarisation des electrolytisch auf einem Platinblech aus einer Salzsäurelösung entwickelten Chlors.

§ 1. In der vorhergehenden Mittheilung haben wir gesehen, dass ein Platinblech, welches in eine Lösung von Salzsäure taucht, die freies Chlor enthält, gegen ein anderes Platinblech, das in eine gleiche, nur von Chlor freie Lösung taucht, eine electromotorische Kraft der Polarisation gleich 62 besitzt (die der Daniell'schen Kette gleich 100 gesetzt), und dass diese electromotorische Kraft von der in der Lösung befindlichen Chlormenge unabhängig ist, wenn dieselbe nur nicht zu klein ist. Jetzt wollen wir die electromotorische Kraft der Polarisation des Chlors für den Fall betrachten, dass dieses an dem Platinblech electrolytisch abgeschieden ist. Bei dem Chlor (und ebenso bei dem

Wasserstoff, wie wir später zeigen werden) wurde gefunden, dass die electromotorische Kraft der Polarisation, die durch das Gas erzeugt wurde, welches electrolytisch auf einem Platinblech entwickelt ist, grösser ist, als die des gewöhnlichen oder auf chemischem Wege dargestellten Gases. Sie nimmt mit der Zeit, während welcher der polarisirende Strom wirkt, bis zu einem Maximum zu. Dieses Maximum der electromotorischen Kraft eines mit electrolytisch abgeschiedenem Chlor bedeckten Platinbleches gegen ein ähnliches, aber von Chlor freies Platinblech verhält sich zu der electromotorischen Kraft eines mit gewöhnlichem Chlor bedeckten Platinblechs gegen ein von Gas freies Platinblech ungefähr wie 1,7 : 1.

Der Kürze wegen wollen wir das auf chemischem Wege aus Mangansuperoxyd und Salzsäure dargestellte Chlor gewöhnliches, und das auf electrolytischem Wege erhaltene electrisches Chlor nennen.

§ 2. Apparat.

Der Apparat, mit dem die Versuche angestellt wurden, bestand aus drei Bechergläsern *a*, *b*, *c* (Fig. 4), die mit einer Lösung von Salzsäure angefüllt waren. Diese Lösung enthielt, wenn nichts besonderes bemerkt ist, auf 20 Theile Wasser 1 Gewthl. einer Normalsäure, die aus 10 Mol. H Cl und 75 Mol. Wasser bestand.

Die Lösung der Gefässe *a* und *b* mit den Platinplatten wurde vollständig mit Chlor gesättigt. Die 3 Bechergläser waren durch 2 Heber von einem Durchmesser von 19^{mm} und einer Axenlänge von 105^{mm} verbunden, die mit derselben Lösung, wie die Bechergläser, angefüllt und an ihren Enden durch Pergamentpapier verschlossen waren.

Da es schwierig war, die die Gefässe verbindenden Heber zuerst zu füllen und bei dem nachherigen Schliessen mit Pergamentpapieren das Eintreten einer Luftblase zu verhindern, wodurch der Widerstand vergrössert wird, so wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Es wurden die beiden Enden des noch leeren Hebers mit Pergamentpapieren geschlossen und in das eine dieser Papiere in der Mitte der Oeffnung ein kreuzförmiger Schnitt gemacht, so dass die vier entstehenden Lappen eine Klappe bildeten. Darauf wurde in den Heber durch diese Oeffnung das eine Ende eines dünnen Glasrohres eingeführt (wie es Fig. 5 zeigt), dessen anderes Ende mit einem Kautschukschlauch

verbunden war. Der ganze Apparat wurde in die beiden Bechergläser eingetaucht und durch Saugen an dem Kautschukschlauch der Heber mit Flüssigkeit gefüllt. Bei dem Herausziehen des Glasrohres schlossen sich die vier Klappen von selbst. Wenn auch bei den folgenden Versuchen das Uebertreten der Flüssigkeiten von einem Gefäss in das andere nicht von störendem Einfluss war, so konnten doch die bei dem Durchleiten des Stromes sich entwickelnden und dann aufsteigenden Gasblasen durch Eintreten in den Heber und Anfüllen des obersten Theiles desselben den Strom unterbrechen, wie es auch in der That der Fall war, falls die Enden der Heber nicht durch Pergamentpapier geschlossen waren.

In jedes der 3 Bechergläser *a*, *b*, *c* war eine der 3 Platinplatten α, β, γ, deren Breite 19^{mm} und deren Länge 86^{mm} betrug, eingetaucht. Der Strom einer Bunsen'schen Kette *P* von 6 Elementen wurde durch die Lösung in *b* und *c* geleitet, so dass sich Chlor auf der Electrode β und Wasserstoff auf γ entwickelte. Durch einen Interruptor wurde der Stromkreis der Kette *P* geöffnet und ein Stromkreis geschlossen, in dem sich die Platte β, die Platte α und der Messapparat befanden. Letzterer Apparat, sowie die angewandte Beobachtungsmethode waren bei dieser Untersuchung die nämlichen, wie bei der früheren.

Eine Veränderung musste nur am Stromschliesser, der in Wiedemann, Galvanismus, Aufl. II, Bd. I p. 360 mit dem Buchstaben I bezeichnet ist, angebracht werden, um ihn für unsere Untersuchungen benutzen zu können.

Dieser Stromschliesser, der in Fig. 4 durch I bezeichnet ist und dessen Horizontalprojection Fig. 6, dessen Verticalprojection Fig. 7 und dessen Durchschnitt Fig. 8 giebt, bestand aus einem horizontal gestellten Holzbrett *L* und einem zweiten gegen das erste etwas geneigten Holzbrettchen *l*, welches letztere sich leicht um eine horizontale Axe drehen liess, die auf zwei kleinen Holzsäulen *SS* ruhte. Eine Feder *m* diente dazu, den Apparat in der in der Figur angegebenen Stellung zu erhalten. Auf dem Brett *L* waren ferner kleine Näpfe v, $v,''$, v''' angebracht, die mit Quecksilber angefüllt und mit Kupferdrähten d, d'', d''' verbunden waren. Die letzteren traten von unten in die Näpfe ein, so dass das eine amalgamirte Ende derselben sich in Contact mit dem Quecksilber in den Näpfen befand. Das andere Ende konnte durch Klemmschrauben mit den Leitungsdrähten verbunden

werden. Zwei eben solche Näpfe v' und v'''' befanden sich auf den Säulen S. Auf dem Tisch l waren zwei dicke Kupferdrähte $r\,r''$ und $r,\,r,'$ befestigt. Die Enden von $r\,r''$ waren rechtwinkelig nach unten umgebogen und amalgamirt. Seitlich war an den Draht ein anderes, hakenförmig gebogenes Stück Draht angelöthet, dessen amalgamirtes Ende in den Napf v' eintauchte. Da dieses Ende in die Axe fiel, so behielt es beim Drehen des Apparates seine Lage in dem Napf v' nahezu unverändert bei. Das Ende r des Drahtes $r\,r''$ blieb, wie die Figg. 7 und 8 zeigen, in das Gefäss v eingetaucht, so lange das Brettchen l in der durch die Feder bedingten Lage sich befand. Wirkte auf das in die Höhe stehende Ende desselben eine Kraft, die grösser war als die der Feder, so nahm der Apparat eine zur ersten, durch die Feder bedingten, symmetrische Stellung ein, und einen Augenblick nach der Trennung des Endes r des Drahtes $r\,r''$ von dem Gefäss v tauchte das Ende r'' in das Gefäss v''. Der Draht $r,\,r,'$ war ferner so auf dem Brette l angebracht, dass das eine seiner beiden Enden stets in das Gefäss v'''' tauchte, welches auch die Stellung des Stromschliessers sein mochte. Das andere Ende $r,$ tauchte dagegen nur dann in das Gefäss v''', wenn das Ende r'' des Drahtes $r\,r''$ in das Gefäss v'' tauchte.

Die Menge des Quecksilbers in den Gefässen v'', v''' und die Länge der Enden r'' $r,$ war so regulirt, dass das Ende $r,$ das Quecksilber des Gefässes v''' einen Augenblick früher berührte, als das Ende r'' das des Gefässes v'', und nicht mehr als einen Millimeter eintauchte. Das bewegliche Brett des Stromschliessers wurde durch einen Schlag mit der Hand, die darauf sogleich wieder aufgehoben wurde, gesenkt. Bei einiger Uebung erreichte man leicht, dass die Zeit des Hinabgehens hinlänglich constant und so kurz war, dass die ganze Zeit zwischen dem Austreten von r aus v und Eintreten von r'' in v'' etwa nur $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ Secunde betrug.

In Fig. 4 bezeichnet P die polarisirende Kette (6 Bunsen'sche Elemente), N ein Daniell'sches Normalelement, dessen electromotorische Kraft $D = 100$ gesetzt wurde, p eine Kette von 2 Bunsen'schen Elementen,[1]) mit welcher nach der Methode von

---

1) Es ist vielleicht zweckmässig, hier zu bemerken, dass der Kohlencylinder statt mit gewöhnlicher Salpetersäure mit rauchender umgeben wurde; in dem ersten Falle nämlich ist bei mehreren auf einander folgenden Messungen, besonders wenn die Kette bereits einige Zeit zusammen-

Wiedemann[1]) sowohl die Normalkette *N* als auch die Gaskette *a b* verglichen wurde, *I* den oben erwähnten Stromschliesser, *II* den Umschalter, vermittelst dessen man nach Belieben mit der Kette *p* die Ketten *a b* oder *N* vergleichen kann, je nachdem der excentrische Messingkreis *c* die Metallstücke *m* oder *m'* berührt.

§ 3. Versuchsmethode.

Die Versuche wurden folgendermassen angestellt:

Nachdem der Apparat, wie Fig. 4 zeigt, aufgestellt war und die Platten α und β auf die in der vorigen Mittheilung angegebene Art behandelt worden waren, beobachtete man, ob ein merklicher Strom durch die Platten α und β der Gaskette erzeugt wurde. Trat dies nicht ein, so schloss man den Stromkreis der polarisirenden Kette *P*, beobachtete die Zeit, zu der dies geschah und mass darauf von Zeit zu Zeit die electromotorische Kraft der Gaskette *a b*. Um dies zu erleichtern, waren vorläufige Messungen gemacht, so dass man ungefähr die Einstellungen am Rheostat kannte. Da ferner die electromotorische Kraft der Polarisation des Chlors mit der Zeit sehr schnell zunahm, so war es schwer die Lage des Schiebers des Rheostats zu kennen, bei der der Spiegel des Galvanometers unmittelbar nach der Schliessung vollkommen unbeweglich blieb. Da aber die Bunsen'sche Kette *p*, sowie die Normalkette *N* und die Widerstände constant waren, so konnte man bestimmen, ein wie grosser Ausschlag am Galvanometer einer bestimmten Verschiebung am Rheostaten entsprach. Betrug der Fehler der Ablesung 1^{mm} oder $\frac{1}{300}$ der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette, so ent-

gestellt war, die electromotorische Kraft etwas veränderlich, wie sich aus der Vergleichung der Ablesungen am Rheostat ergab, wenn die Kette mit der Normalkette zusammen eingeschaltet wurde. Im zweiten Falle dagegen trat dies nicht ein. Da demnach in diesem Falle die electromotorische Kraft der Normalkette durch eine constante Zahl gegeben ist, so ist dies für die Berechnung der electromotorischen Kraft der Gaskette eine wesentliche Erleichterung. Ist ferner, wie es hin und wieder eintritt, nicht hinreichend Zeit vorhanden, eine Messung mit der Normalkette anzustellen, wenn nämlich zwei Messungen der electromotorischen Kraft der Gaskette schnell aufeinander folgen, so kann man die Messung der Normalkette unterlassen und die der unmittelbar vorhergehenden und nachfolgenden Messung entsprechende Zahl nehmen.

1) Wiedemann, Galv. II. Aufl. 1872. p. 359. 360.

sprach diesem ein Ausschlag von etwa 2^{mm} am Galvanometer. Schlug das Galvanometer bei der Messung um weniger als 5^{mm} aus, so wurde keine weitere Messung angestellt, sondern die erste corrigirt. Im entgegengesetzten Falle ergab sich unmittelbar die angenäherte Stellung des Schiebers; er wurde dann verstellt, und nur ausnahmsweise überstieg nachher der Ausschlag des Galvanometer 5^{mm}.

§ 4. Unterschied der Polarisation durch gewöhnliches und electrisches Chlor.

Die folgenden Tabellen geben 4 Reihen solcher Messungen. Sie waren so angestellt, dass, nachdem eine Reihe vollendet war, die Platten von Neuem vorbereitet und in die unveränderte Lösung wieder eingetaucht wurden. Während der ganzen Zeit wurde, wenn auch nur langsam, durch das Gefäss a ein Chlorstrom geleitet, damit die Lösung stets gesättigt blieb. Die erste Columne jeder Reihe giebt die Zeiten in Minuten an, die seit der ersten Schliessung der polarisirenden Kette bis zur Messung verstrichen sind; die zweite die electromotorische Kraft der Gaskette $\alpha\,\beta$, oder den Unterschied zwischen der electromotorischen Kraft der Polarisation der beiden Platinbleche, die in dieselbe mit Chlor gesättigte Salzsäurelösung tauchen, von denen die eine aber mit gewöhnlichem, die andere mit electrolytisch abgeschiedenem Chlor beladen ist. Die erste Zahl für die Zeit 0 giebt den Unterschied der electromotorischen Kraft der Polarisation der beiden Platten α und β an, ehe auf der Platte β Chlor electrolytisch entwickelt war.

Tabelle I.

t	D = 100	t	D = 100
0	0.0	32	20.2
2	2.5	35	28.7
4	2.9	38	31.5
6	2.9	41	33.8
8	2.9	46	35.0
10	2.9	61	37.9
15	2.9	76	39.7
20	2.9	106	42.0
24	4.7	121	42.5
25	6.1	191	44.2
27	8.4	241	45.1
29	11.4	301	45.6

Tabelle II.

t	D = 100	t	D = 100
0	0.8	35	35.0
2	3.8	40	36.8
4	4.4	45	38.3
11	4.7	55	39.2
16	4.4	68	40.5
21	8.1	87	44.0
24	18.4	117	44.8
26	31.6	144	45.3
28	32.6	217	46.2
30	33.0		

Tabelle III.

t	D = 100	t	D = 100
0	1.0	23	33.7
2	4.5	26	35.1
4	5.0	31	36.6
7	5.1	36	37.6
13	5.6	42	39.0
15	10.2	51	40.4
16	13.2	66	42.1
17	16.5	86	43.0
18	23.1	106	44.0
19	28.0	141	45.6
20	31.1	216	46.1
21	32.4		

Tabelle IV.

t	D = 100	t	D = 100
0	1.2	9	33.0
2	5.5	10	34.3
4	9.0	13	36.0
5.5	13.9	16	37.1
7	24.1	19	38.1
8	30.0		

Nehmen wir die Zeiten als Abscissen und die Werthe der electromotorischen Kraft als Ordinaten, so entspricht von den 4 Curven (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) der Fig. 9 (*a*) den Zahlen der Tabelle I, (*b*) denen der Tabelle II u. s. w.

Betrachten wir die oben gegebenen Tabellen und die entsprechenden Curven, so finden wir:

1. Die Polarisation eines Platinbleches, das mit electrischem Chlor bedeckt ist, ist grösser, als die electromotorische Kraft der Polarisation eines Platinbleches, das mit chemischem Chlor bedeckt ist.
2. Diese Polarisation mit electrischem Chlor ist Anfangs, wenn durch eine frische, aber schon mit chemischem Chlor gesättigte Lösung zum ersten Male der Strom geleitet wird (Tabelle I), eine Zeit lang constant und ist nur wenig grösser als die des chemischen Chlors (unter den Bedingungen unserer Versuche zwischen 20—24 Minuten). Alsdann steigt sie schnell und nähert sich asymptotisch einem Maximum. Aus den vorliegenden Versuchen ergiebt sich ferner, dass die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, die mit dem auf ihr electrolytisch abgeschiedenen Chlor bedeckt ist, gegen eine mit gewöhnlichem Chlor bedeckte Platinplatte, wenn sie sich beide in derselben, mit freiem Chlor gesättigten Lösung von Chlorwasserstoffsäure befinden, einen Maximalwerth von 0,46 D erreichen kann, wobei die mit electrischem Chlor bedeckte Platte die electronegative ist. Wir haben aber gefunden (vgl. die vorhergehende Mittheilung), dass die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, die in eine Chlorwasserstoffsäurelösung taucht und mit Chlor bedeckt ist, gegen eine andere Platinplatte, die in dieselbe Lösung taucht, aber vollständig von Gas befreit ist, $d = 0{,}62$ D beträgt; dabei ist die erste Platte electronegativ. Demnach kann die electromotorische Kraft der Polarisation zweier Platinplatten gegen einander, die in dieselbe Salzsäurelösung tauchen und von denen die eine frei von Chlor ist, die andere dagegen mit electrischem Chlor bedeckt ist, einen Maximalwerth erreichen, der gleich ist
$$(0{,}62 + 0{,}46)\ \mathrm{D} = 1{,}08 = d'$$
Danach ist $d' : d = 108 : 62$, also $d' = 1{,}7\ d$.
3. Eine Platinplatte, welche in die Lösung eingetaucht ist, in der einige Zeit vorher electrisches Chlor entwickelt wurde, zeigt eine electromotorische Kraft, die etwas grösser ist, als eine andere Platte, welche in das Gefäss mit der Lösung von gewöhnlichem Chlor eintaucht, wenn auch der pola-

risirende Strom längere Zeit unterbrochen geblieben ist, und man die Platte geglüht und mit den in dem vorigen Abschnitt angegebenen Lösungen gekocht hat. Dieser Unterschied ist um so grösser, je länger der Strom durch die Flüssigkeit gegangen ist. So wurden die in der Tabelle I angeführten Beobachtungen mit einer frischen Lösung, die in Tabelle II und III mit derselben Lösung angestellt, nachdem der Strom resp. 301 und 518 Minuten die Flüssigkeit durchströmt hatte und er dann je etwa 24 Stunden unterbrochen war. Die Platte war indess jedesmal frisch vorbereitet. Die Unterschiede zwischen den ersten Beobachtungen in diesen Tabellen sind gleich (II—I) 0,008 D und (III—I) 0,010 D.

4. Je länger die Lösung vom Strom durchflossen worden ist, um so kürzere Zeit bleibt bei einer neuen Beobachtungsreihe die electromotorische Kraft der Polarisation des electrischen Chlors constant. Hat sie aber einmal angefangen zu steigen, so ist der Gang der Erscheinung ganz analog dem bei einer frischen Lösung.

Die eben beschriebenen Thatsachen könnten davon herrühren, dass das Chlor, je nachdem es electrolytisch oder chemisch entwickelt ist, verschiedene Eigenschaften hat. Die in § 3 und § 4 angeführten Resultate würden uns dann lehren, dass das electrische Chlor die eigenthümlichen Eigenschaften nicht nur besitzt, so lange es sich auf dem Platin unmittelbar nach dem Abscheiden condensirt befindet, sondern auch dann noch, wenn es in der Chlorwasserstoffsäurelösung aufgelöst ist. Ehe indess diese Ansicht als bewiesen hingestellt werden darf, sind die verschiedenen secundären Umstände zu prüfen, welche etwa jenes Resultat bedingen könnten. Es könnten diese Umstände von einer Veränderung der Platinelectroden oder der Lösung, in die diese tauchen, herrühren.

§ 5. Möglicher Einfluss der Aenderung des Platins.

Um zu entscheiden, ob das Platin modificirt sei, wurde die Platte β von Neuem zubereitet und an die Stelle von α gebracht. Statt β wurde eine Platte verwendet, die bis dahin noch nicht in dem Stromkreis von P gewesen war. Es ergaben sich indess dieselben Resultate wie vorher. Dasselbe Resultat erhielt man, wenn man in das Gefäss b eine noch gar nicht benutzte

Platinplatte brachte. Daraus war zu schliessen, dass die Platte β durch die Stromeswirkung nicht dauernd verändert war. Die oben in § 3 beschriebenen Resultate konnten demnach nicht von Veränderungen des Platins herrühren.

§ 6. Möglicher Einfluss der Kautschukröhren der Leitung.

Da das chemisch entwickelte Chlor durch Glasröhren geleitet war, die durch vulkanisirten Kautschuk verbunden waren, so hatte sich vielleicht durch die Einwirkung des Chlors auf den Schwefel in demselben secundär in der Lösung Schwefelsäure gebildet, und dies hätte die Ursache der obigen Erscheinungen sein können. Es wurden in der That durch Chlorbaryum in der Lösung der Gefässe *a* und *b* Spuren von Schwefelsäure nachgewiesen, während in der Lösung, in der noch kein Chlor entwickelt war, sich mit demselben Reagens auch nicht die geringste Spur nachweisen liess. Bei erneuten Messungen, bei denen sämmtliche Kautschukverbindungen vermieden waren, und bei denen auch eine directe Prüfung die Abwesenheit von Schwefelsäure ergab, zeigten sich ganz dieselben Resultate wie früher. Die Benutzung der Kautschukröhren bedingt sie also nicht.

§ 7. Einfluss der Sättigung mit Chlor.

Während der Versuche war ferner beobachtet worden, dass am Anfang, selbst wenn an der Platte γ sich lebhaft Wasserstoff entwickelte, an der Platte β nur hin und wieder ein Bläschen Chlorgas aufstieg, und dass erst dann, wenn die electromotorische Kraft der Polarisation anfing schnell zu steigen, auch die Entwicklung des Chlors schnell zunahm, obgleich sie niemals mehr als $\frac{1}{4}$ der entsprechenden des Wasserstoffs an der Platte β betrug. Es konnte dies von drei Ursachen abhängen: einmal konnte die Lösung nicht ganz mit Chlor gesättigt sein, trotzdem dass stundenlang vorher Chlor durch sie geleitet worden war; ferner konnte das entstehende Chlor sich mit dem Platin der Electrode verbunden haben; endlich aber konnte es auch auf das Wasser einwirken und sich mit seinen Bestandtheilen verbinden, und zwar mit beiden Bestandtheilen, da bei einer Verbindung mit dem Wasserstoff stets eine Sauerstoffentwickelung hätte stattfinden müssen, die aber nur halb so stark sein durfte, als die Wasserstoffentwickelung an dem andern Pol. Eine jede dieser drei

Ursachen, die eine verminderte Chlorentwicklung auf der Oberfläche des Platins zur Folge haben, könnte auch eine Ursache der von mir erhaltenen Resultate bei der Messung der Polarisation sein.

Die erste dieser Annahmen, nämlich dass, wenn man das chemische Chlor aus dem zuführenden Rohr in grossen Blasen austreten liess, wobei die ganze Flüssigkeit umgerührt wurde, keine so vollständige Sättigung eintrete, wie wenn das Chlor electrolytisch in kleinere Bläschen abgeschieden werde und so die Polarisation der Platinplatte in der letzteren Lösung vergrössert würde, lässt sich schon aus den Resultaten der vorhergehenden Mittheilung widerlegen. Wir fanden dort nämlich, dass die Polarisation eines Platinbleches in einer mit Chlor gesättigten Chlorwasserstoffsäurelösung, wenn die Chlormenge nur nicht zu gering ist, so gut wie unabhängig von der gelösten Chlormenge ist. Nichtsdestoweniger habe ich noch einige weitere Versuche angestellt.

Man wandte im Gefäss *a*, wie vorher, eine mit Chlor gesättigte, im Gefäss *b* aber eine von Chlor freie Lösung an; man hat dann vor dem Durchleiten des Stroms eine electromotorische Kraft 57, [1]) wobei die Platte α gegen β sich electronegativ (wie Kupfer gegen Zink) verhielt. Kaum begann aber der polarisirende Strom durchzugehen, so nahm die electromotorische Kraft schnell ab; nach einer Minute war sie sehr klein, die Platte β indess blieb electropositiv. Bei der Schnelligkeit der Abnahme war eine Messung während der ersten Minute unmöglich. Nach 2 Minuten war die Platte β gegen die Platte α electronegativ geworden, und die electromotorische Kraft nahm, wie die folgende Tabelle angiebt, mit der Zeit zu.

Tabelle V.

t	D = 100
0	— 57.0
2	+ 4.3
3	4.5

1) Man hätte streng genommen 62 erhalten müssen (vergl. die frühere Mittheilung), indessen, obgleich zwischen den Gefässen *a* und *b* ein drittes eingeschaltet war, um den Uebergang des Chlors aus *a* nach *b* zu verhindern, so waren doch die Vorsichtsmassregeln nicht derart, dass nicht eine Spur Chlor von *a* nach *b* übergegangen wäre; es war dies in den vorliegenden Versuchen sonst nicht von Bedeutung.

t	D = 100
6	4.5
15	4.5
20	4.8
25	5.3
27	6.5
30	9.2
32	11.5
36	18.2
40	27.7
55	36.5
70	40.2
85	41.4
105	43.3
200	45.5

Die diesen Messungen entsprechende Curve ist (*e*). (Fig. 9.)

Vergleichen wir diese Curve mit der Curve (*a*), die der von dem Strom durchflossenen, aber mit chemischem Chlor gesättigten Lösung entspricht, so finden wir, obgleich die beiden Curven nicht vollkommen coïncidiren, dass doch der Unterschied verhältnissmässig klein ist. Der Unterschied dieser beiden Curven, die beide einer frischen Lösung entsprechen, ist bei weitem kleiner als der zwischen den Curven (*a*) und (*b*), (*b*) und (*c*), (*c*) und (*d*), welche gesättigten Lösungen entsprechen, durch die aber verschieden lange Zeiten der Strom gegangen ist. Das oben angegebene Resultat kann also nicht dadurch bedingt sein, dass die Lösung nicht mit Chlor gesättigt war.

Der obige Versuch kann uns aber nicht davon Rechenschaft geben, dass ein frisch bereitetes Blech, welches in eine, von einem Strom längere Zeit durchflossene Lösung eingetaucht wird, sich electronegativ gegen ein anderes Blech verhält, welches in einer identischen, nur noch nicht von einem Strom durchflossenen Lösung sich befindet. Es wäre möglich gewesen, dass dies vielleicht von einer Uebersättigung der Lösung mit Chlor herrühre. Eine solche Uebersättigung könnte dadurch bewirkt sein, dass das electrische Chlor in kleinen Bläschen entweicht, während das chemische Chlor in grossen Blasen aufsteigt und dadurch die Flüssigkeit mischt. Um dies zu untersuchen, suchte man die Lösung im Gefässe *b* von dem grösseren Theil des darin befindlichen Chlors zu befreien, indem ein andauernder Luftstrom hindurchgeleitet wurde, bis die Flüs-

sigkeit entfärbt war, obgleich sie noch nach Chlor roch. Auch in diesem Fall beobachtete man zwischen der in die mit Chlor gesättigte Lösung *a* tauchenden Platte und der Platte in der Lösung *b* den gleichen Unterschied; er konnte also nicht von einem Unterschied in der Sättigung abhängen.

§ 8. Einfluss der Bildung von Platinchlorid.

Hierauf wurde geprüft, ob die Bildung von Platinchlorid die oben beschriebenen Phänomene hervorrufen könnte. Dieses war von vornherein wenig wahrscheinlich, da man stets, wenn bei der Electrolyse die sich entwickelnden Gase die Electroden angreifen und lösliche Verbindungen bilden, keine oder doch nur eine geringe Polarisation erhält. Es wurde zuerst eine Lösung untersucht, durch welche an vorhergehenden Tagen lange Zeit der Strom gegangen war, es fand sich keine Spur Platin. Noch einen weiteren Beweis dafür, dass sich kein Platin mit dem Chlor verbunden hatte, liefert die Beobachtung, dass die sehr dünnen (0,06^{mm} dicken) Platinplatten, die während mehrerer Monate fast täglich mehrere Stunden lang zur Entwickelung von Chlor als Electroden einer Bunsen'schen Kette von 6 Elementen benutzt worden waren, kaum merklich verändert waren. Dieselben wären, falls eine Einwirkung stattgefunden hätte, schliesslich zerstört worden. Der einzige Unterschied war der, dass ihre Oberfläche nicht mehr, wie beim Beginn der Versuche, glänzend war.[1])

Um übrigens zu sehen, ob nicht vielleicht doch Spuren von Platinchlorid, die der chemischen Analyse entgehen, einen Einfluss auf die obigen Phänomene haben konnten, wurden einige Tropfen einer Auflösung desselben in das Gefäss *b* gegossen. Die electromotorische Kraft war nach Zusatz des Platinchlorids sowohl

---

1) Herr Poggendorff (Pogg. Ann. Bd. LXI, S. 603) hatte beobachtet, dass bei Anwendung von platinirten Platinelectroden zum Entwickeln des electrolytischen Chlors, diese beinahe vollständig ihre Platinumhüllung verloren; daraus schloss er, dass das vom Strom entwickelte Chlor das Platin angreift und dass man daher keine Polarisation haben kann. Die Zerstörung des Platins könnte in diesem Falle auf seiner feinen Vertheilung als Platinschwarz beruhen, und eine Folge dieser Thatsache ist es vielleicht, dass, wie Poggendorff selbst gefunden hat, die Polarisation einer platinirten Platinplatte kleiner ist, als die einer nicht platinirten, wenn auf beiden Chlor entwickelt wird.

vor dem Durchgehen des Stromes, als auch während desselben ganz dieselbe wie früher.

§ 9. Einfluss der Bildung von Chlorsäure und Ueberchlorsäure.

Es blieb also nur noch übrig, die letzte Hypothese zu prüfen, und zu untersuchen, ob das electrische Chlor das Wasser angreift. Dazu wurde die, lange Zeit hindurch von dem Strom durchflossene Lösung mit kohlensaurem Kali gesättigt, zur Trockene eingedampft und ein Theil des Salzes in einem Reagirglas mit einem Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure übergossen; dabei zeigte sich eine Entwickelung eines gelblichen, riechenden Gases. Es deutet dies auf die Bildung von Chlorsäure, resp. Ueberchlorsäure in der electrolysirten Lösung. Die Gegenwart dieser Körper könnte vielleicht die Ursache aller oben erwähnten Phänomene sein. Füllt man indess die Gläser *a* und *b* beide mit der mit chemischem Chlor gesättigten Lösung von Salzsäure und bringt in *b* eine Menge von Chlorsäure oder Ueberchlorsäure, die grösser ist als die durch den Strom entwickelte, (es müssten sich dann die obigen Erscheinungen, wenn nicht stärker, doch ebenso stark zeigen, wie bei der geringen, durch den Strom gebildeten Chlorsäure- und Ueberchlorsäuremenge), so ändert sich die electromotorische Kraft im ersten Falle kaum, im zweiten bleibt sie Null, wie sie es vor dem Hinzufügen der Ueberchlorsäure war. Der Gang der ganzen Erscheinung bei Abscheidung von electrolytischem Chlor durch den Strom bei Gegenwart dieser Körper ergiebt sich aus den folgenden Tabellen.

Tabelle VI.

Chlorsäure

t	D = 100	t	D = 100
0	0.2	29	5.1
2	2.0	31	6.3
4	3.2	33	12.3
5.5	3.2	34.5	14.3
7	3.2	36	16.4
10	2.8	39	22.9
20	3.5	43	27.5
22	3.9	47	32.6

Tabelle VII.

Ueberchlorsäure

t	D = 100	t	D = 100
0	0	167	14.8
1	1	172	21.0
5	2	180	33.0
40	2	190	37.4
160	4.3	200	39.6
162	6.2	213	43.1
163	8.6	233	45.0
164	10.2	253	46.0
165	12.1	283	46.8

Die den Werthen der Tabelle VI entsprechende Curve ist in Fig. 9 durch die Zeichen $ClHO^3$ und, der Deutlichkeit wegen, durch eine unterbrochene Linie (·—·—·—·—) bezeichnet. In diesem Fall also hat man einen kleinen Unterschied zwischen der electromotorischen Kraft der Platten α und β gleich 0.002 D, er ist aber viel kleiner als wenn lange ein Strom durch die Lösung gegangen war; dieser Unterschied erreicht zuweilen 0.02 D. Ferner steigt die electromotorische Kraft der Platte, an welcher das electrische Chlor entwickelt wird, langsamer statt schneller, als in dem Fall, in welchem die Lösung in dem Gefäss *b* keine Chlorsäure enthält. Noch klarer ist das Resultat, welches man für Ueberchlorsäure erhielt, da nicht nur die electromotorische Kraft der beiden Platten, welche 0 war, bei dem Hinzufügen der Säure nicht geändert, sondern auch die electromotorische Kraft der Platte β eine längere Zeit hindurch nahe constant blieb als ohne Ueberchlorsäure.

Die entsprechende (mit $ClHO^4$ bezeichnete) Curve ist der Uebersicht wegen so gezeichnet, als ob der Coordinaten-Anfangspunct um 100 Einheiten auf der negativen Abscissenaxe verschoben wäre.

§ 10. Einfluss der Concentration.

Nach Ausschliessung aller obiger Vermuthungen konnte nur noch angenommen werden, dass die erwähnten Erscheinungen von der Veränderung der Concentration der Salzsäurelösungen abhängen.

Die folgenden Versuche zeigen, dass die electromotorische Kraft der Polarisation des Platins um so kleiner ist, je grösser die Concentration der Lösung ist. Diese Messungen wurden nach

der oben beschriebenen Methode ausgeführt. Die Gaskette bestand aus den drei Gefässen *a*, *b*, *c*, die mit verschieden concentrirten Lösungen angefüllt und durch zwei Heber verbunden waren. In dem ersten der drei Gefässe befand sich stets dieselbe Lösung, in dem dritten eine Lösung von wechselnder Concentration, im zweiten eine Lösung von einer zwischen beiden stehenden Concentration; die beiden Heber waren je mit der Lösung des äussersten Gefässes gefüllt. Der Zweck des mittleren Gefässes, sowie der Heber war der, die Concentration der äussersten Gefässe möglichst constant zu erhalten. Die Platinplatten wurden in die beiden äussersten Gefässe getaucht und mit dem Messapparat verbunden. Die Platten waren, wie früher beschrieben, gereinigt worden. Die concentrirteste reine Salzsäure, über die ich verfügen konnte, besass die Zusammensetzung $10\,HCl + 75\,H_2O$. Der Kürze wegen wollen wir sie Normalsalzsäure nennen. Aus dieser waren die verdünnteren Lösungen, theils durch directe Verdünnung mit Wasser, theils bei den schwächeren Concentrationen durch Verdünnung des Gemisches der Normalsäure mit 20 Gewichtstheilen Wasser $(\frac{1}{20})$ mit mehr Wasser dargestellt worden. Im Gefäss *a* befand sich stets die Lösung $(\frac{1}{20})$.

In der folgenden Tabelle geben die Zahlen der ersten Columne unter w die Gewichtstheile Wasser die in den betreffenden Lösungen auf 1 Gewichtstheil Normalsäure kamen, die zweite Columne giebt die electromotorische Kraft der Polarisation der Kette *a*, *b*, *c*, d. h. die Unterschiede der electrischen Spannungen des Gefässes *c* und des Gefässes *a*.

Tabelle VIII.

w	D = 100
0	— 19.7
1	— 11.1
2	— 8.4
5	— 3.9
10	— 0.6
20	0.0
60	+ 3.0
100	5.1
200	7.6
400	8.2
800	9.6

Wäre im Gefäss *a* die Normalsalzsäure an Stelle der verdünnteren ($\frac{1}{20}$) angewandt worden, so hätten sich hiernach folgende electromotorische Kräfte ergeben, die man erhält, wenn man zu den vorigen Zahlen 19.7 zufügt:

Tabelle VIII b.

w	D = 100
0	0.0
1	8.6
2	11.3
5	15.8
10	19.1
20	19.7
60	22.7
100	24.8
200	27.3
400	27.9
800	29.3

Bei allen diesen Versuchen verhielt sich die Platinplatte in der verdünnteren Lösung electronegativ gegen die Platte in der concentrirteren.

Bei unseren Versuchen vermehrt sich, wenn der polarisirende Strom der Kette durch die Flüssigkeit in der Richtung vom Gefäss *b* zum Gefäss *a* geht, nach den Versuchen von Hittorf, während an der Electrode β in *b* ein Aequivalent Chlor abgeschieden wird, die Gesammtmenge des Chlors im Gefäss *b* doch nur um 0,319 bis 0,201 des Aequivalentes. Es müssen also 0,681 bis 0,799 Aequivalente Chlorwasserstoffsäure von *b* zu *a* geführt worden sein und sich dadurch die die Electrode β in *b* umgebende Lösung verdünnt haben. Unter diesen Umständen mussten Erscheinungen eintreten, wie die unter 3 § 4 beschriebenen. Um dies zu bestätigen wurde der folgende Versuch angestellt. In das Gefäss *b* wurde eine während vieler Stunden vom Strom durchflossene Flüssigkeit gebracht, die den positiven Pol der polarisirenden Kette enthielt; alsdann wurde die electromotorische Kraft des Systemes *ab* bestimmt (die Platten waren frisch zubereitet), die sich zu 0.018 D ergab; die Platte β war dabei electronegativ. Man goss darauf einige Tropfen

concentrirter Salzsäure in das Gefäss b, und die Differenz der electrischen Spannungen der beiden Platten α und β wurde fast Null. Ersetzte man darauf einen Theil der Säure des Gefässes a durch Wasser, so ergab sich die electromotorische Kraft zu 0,014 D; dabei war aber jetzt die Platte in a die electronegative.

Dieser Verminderung der Concentration der Flüssigkeit im Gefäss b müssen wir auch die unter 4 § 4 beschriebenen Erscheinungen zuschreiben. Denn, wie wir sehen werden, beginnt die electromotorische Kraft der Polarisation des Systemes ab nach der Schliessung der polarisirenden Kette um so schneller zu steigen, je verdünnter die Lösung ist.

Dieser Ursache können wir aber nicht die Haupterscheinung, nämlich den grossen Unterschied zuschreiben, der zwischen der auf einem Platinblech mit electrischem Chlor und freiem Chlor eintretenden Polarisation besteht, und mit der wir uns gegenwärtig beschäftigen. Aus der Tabelle VIII ergiebt sich nämlich, dass der Unterschied der electrischen Spannungen zweier Platinplatten, die in zwei mit Chlor gesättigte Lösungen derselben Salzsäure tauchen, von denen die eine aber $\frac{1}{20}$, die andere $\frac{1}{300}$ Salzsäure enthält, 0,096 D ist, während der Unterschied der electrischen Spannungen zwischen zwei Platinplatten, von denen die eine mit chemischem, die andere mit electrischem Chlor polarisirt ist, 0,45 D beträgt, also etwa 5 mal grösser ist: dabei ist der Unterschied der Concentration in den beiden Gefässen a und b äusserst gering. Er kann demnach nicht den grossen Unterschied der Polarisationen hervorrufen. Die Versuche der §§ 13 und 18 bestätigen dies Resultat.

§ 11. Actives Chlor.

Nachdem durch die vorher erwähnten Versuche gezeigt ist, dass weder eine directe Aenderung der Platinelectroden, noch Verunreinigung des Chlors durch die Leitungsröhren, noch die Bildung von Platinchlorid, oder von Oxydationsstufen des Chlors, auch nicht die Veränderung der Concentration der Säure das starke electronegative Verhalten der mit electrischem Chlor beladenen Electrode in einer mit gewöhnlichem Chlor gesättigten Chlorwasserstoffsäure erklären kann, sind wir wohl zu der Annahme berechtigt:

> dass das durch den galvanischen Strom an einer Platinplatte entwickelte Chlor eine stärkere (negative) electromotorische Kraft besitzt, als das auf gewöhnlichem Wege entwickelte Chlor.

Es verhält sich in dieser Beziehung zu letzterem ähnlich, wie der active ozonisirte Sauerstoff zu gewöhnlichem Sauerstoff.

Die electromotorische Kraft einer mit diesem **activen** Chlor beladenen Platinplatte gegen eine mit gewöhnlichem Chlor beladene Platinplatte ist im Maximum etwa gleich 0.46 von der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette, während die electromotorische Kraft einer mit gewöhnlichem Chlor beladenen Platinplatte gegen eine reine Platte in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gleich 0.62 ist.

Im Folgenden haben wir nun zunächst zu untersuchen, in welcher Weise das Auftreten des activen Chlors beeinflusst wird von der Concentration und der Temperatur der Chlorwasserstoffsäure, aus der es abgeschieden wird, und wie lange dasselbe nach dem Oeffnen des polarisirenden Stromes unverändert fortbestehen kann.

§ 12. Einfluss der Concentration der Chlorwasserstoffsäure auf die Bildung des activen Chlors.

Zur Untersuchung dieses Einflusses wurde in dem Gefässe *b* eine 10mal verdünntere Lösung angewandt als in allen früheren Fällen, in dem Gefässe *a* dagegen blieb die gewöhnliche Lösung ($\frac{1}{20}$). Nach der Sättigung mit Chlor wurde die electromotorische Kraft gemessen und ergab sich gleich 6.5; alsdann wurde auf *b* electrolytisch Chlor entwickelt und die Zunahme der electromotorischen Kraft mit der Zeit gemessen. Die Tabelle IX giebt die Resultate.

Tabelle IX.

t	D = 100
0	6.5
1	8.8
2	12.5
3.5	18.5
5.5	31.8
7	34.0

t	D = 100
12	37.2
20	39.6
40	42.2
55	43.9
175	45.4

Vergleichen wir die Resultate in dieser Tabelle mit denen der Tabellen I—III, so zeigt sich, dass die Polarisation mit electrischem Chlor in verdünnteren Lösungen schneller zu einem Maximum ansteigt, als in concentrirteren Lösungen von Chlorwasserstoffsäure, aber dass das Maximum der Polarisation durch electrisches Chlor in verdünnteren Lösungen unabhängig ist von der Concentration. Dass das Maximum sich für das gewöhnliche Chlor mit der Concentration sehr bedeutend ändert, haben wir schon § 10 gesehen. Auch die folgenden Versuche zeigen die eben erwähnte Abhängigkeit der Polarisation mit electrischem Chlor von der Concentration. Nachdem die Polarisation das Maximum, etwa 0,46 D, erreicht hatte (dabei tauchte die Platinelectrode in eine auf $\frac{1}{20}$ verdünnte Lösung), wurde in das Gefäss *b* concentrirte Salzsäure gegossen, dann fiel die Polarisation sogleich auf 0,102 D. Wurde ein Theil dieser Lösung durch destillirtes Wasser ersetzt, d. h. die Lösung verdünnt, so stieg die Polarisation wieder auf 0,328 D. Durch neues Hinzufügen von Chlorwasserstoffsäure fiel die Polarisation auf Null.

Hiernach hindert die Anwesenheit von ganz concentrirter Chlorwasserstoffsäure das Auftreten des Maximums der Polarisation durch electrisches Chlor.

Um dies Resultat noch auf andere Weise zu bestätigen, wurde die Polarisation in einer Lösung von concentrirter Chlorwasserstoffsäure untersucht. Man füllte von Neuem die beiden Gefässe *a* und *b* mit ganz concentrirter Salzsäure und sättigte nur die Flüssigkeit im Gefässe *a* mit gewöhnlichem Chlor. Zwischen *a* und *b* schaltete man ein drittes Gefäss vermittelst eines zweiten Hebers ein, um den Uebergang des Chlors aus dem Gefäss *a* in das Gefäss *b* zu verhindern. Die Bestimmung der electromotorischen Kraft von *a* gegen *b* ergab —0,518 D. Darauf

wurde der Strom P geschlossen und dadurch auf der Platte β im Gefäss b electrisches Chlor entwickelt: die electromotorische Kraft fiel schnell auf Null herab, nach zwei Minuten hatte sie schon ihr Zeichen geändert und gab + 0.004 D. In der hierzu benutzten concentrirten Chlorwasserstoffsäure stieg indess übereinstimmend mit den obigen Versuchen die Polarisation nicht weiter an; noch nach 3 Stunden hatte sie denselben Werth 0.004 behalten, obgleich während des ganzen Versuches die Gasentwickelung sehr lebhaft war, so dass die Lösung des Gefässes b 8 Minuten nach der Schliessung des Stromes p ebenso stark gefärbt war, wie die des Gefässes a.

§ 13. Einfluss der Temperatur auf die electromotorische Kraft der Polarisation des gewöhnlichen und activen Chlors.

Um den Einfluss der Temperatur auf die Polarisation zunächst des gewöhnlichen Chlors zu untersuchen, tauchte man die Platte β in das Gefäss c und entfernte daraus die Platte γ, und ebenso entfernte man die polarisirende Kette P. Das Gefäss c befand sich in einem weiteren, mit Kochsalzlösung gefüllten Gefäss, welches durch eine darunter gestellte Lampe erwärmt wurde. Hierdurch wurde eine regelmässige und langsame Temperaturerhöhung der Flüssigkeit in c erzielt. Zwischen den Gefässen a und c liess man das Gefäss b, um einen Einfluss der Erwärmung des Gefässes c auf a zu vermeiden. Ferner war das Gefäss a durch einen Schirm vor der Strahlung der zum Erhitzen von c dienenden Lampe geschützt. Auf diese Weise erreichte man, dass, während die Temperatur des Gefässes c von 17° bis 100° stieg, die des Gefässes a sich nur von 17° auf 18° erhöhte. Durch das Gefäss c leitete man während des Versuchs fortwährend Chlor. Die erste Columne der folgenden Tabelle giebt die Temperatur von a, die zweite die von c, die dritte die electromotorische Kraft des ganzen Systems a, b, c, oder die Unterschiede der electromotorischen Kraft der Polarisation der Platten α und β, wobei die von β die kleinere ist.

Tabelle X.

Temper. von a	Temper. von c	D = 100
17°	17°	0
»	30	0
»	40	0

Temper. von a	Temper. von c	D = 100
17°	60°	0
»	70	0
»	75	0.3
»	80	0.6
»	85	1.3
»	90	2.6
»	95	3.8
»	98.5	5.3
»	100	6.2

Bei 99.5° fing die Lösung an zu sieden. Liess man sie kochen, so nahm die Differenz der electrischen Spannungen stets zu und nach 15 Minuten langem Kochen hatte sie bereits den Werth 9.6 erreicht; entfernte man nun die Flamme und liess die Lösung auf 98° erkalten, während durch sie Chlor hindurchgeleitet wurde, so besass sie eine electromotorische Kraft von 5.6. Die Curve G der Fig. 10 ist vermittelst der Zahlen der vorhergehenden Tabelle construirt. Die Abscissen entsprechen den Temperaturen, die Ordinaten der Verminderung der electromotorischen Kraft des Chlors mit der Temperatur.

Zur Untersuchung des electrischen Chlors wurde wieder die Kette P mit dem Apparat verbunden, ferner ein viertes Gefäss *d* und ein Heber, der dieses mit dem Gefäss *c* verband. In dem Gefäss *d* befand sich die mit dem negativen Pol der polarisirenden Kette verbundene Platte, in dem Gefäss *c* die mit dem positiven Pol verbundene Platte, an welcher das electrische Chlor entwickelt wurde. Wenn für eine bestimmte Temperatur der Flüssigkeit in *c* eine erste Messung angestellt war, erhielt man die Temperatur eine Zeit lang constant, während welcher neue Messungen angestellt wurden, um zu sehen, ob sich hierbei Unterschiede ergäben. Die electromotorische Kraft der Polarisation blieb aber stets für eine bestimmte Temperatur constant. Die Temperatur in *a* änderte sich nur von 16—18°.

Tabelle XI.

Temper. von a	Temper. von c	D = 100
16°—18°	16°	46.1
»	21	44.8
»	25	43.2
»	25.5	43.0
»	30	40.8

Temper. von *a*	Temper. von *c*	D = 100
16°—18°	31°	40.4
»	40	36.0
»	50	29.2
»	60	22.0
»	70	16.0
»	80	11.7
»	90	2.8
»	93	1.2

Die Curve, welche diesen Zahlen entspricht, ist die Curve *D* in Fig. 10.

Während sich also die Polarisation des mit gewöhnlichem Chlor beladenen Platins zwischen 17° und 100° um 0.062 der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette vermindert, vermindert sich die Polarisation des mit activem Chlor beladenen Platins zwischen 16° und 93° um den sehr viel bedeutenderen Werth von 0.449 der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette.

§ 17. Abnahme der Polarisation durch actives Chlor mit der Zeit nach der Unterbrechung des polarisirenden Stromes.

Bei den Versuchen hierüber polarisirte man, wie gewöhnlich, die Platte im Gefäss *b* bis zum Maximum, öffnete dann den Stromkreis *P* und bestimmte die electromotorische Kraft der Polarisation der Gaskette *a b*, nachdem vorher eine Zeit lang der polarisirende Strom unterbrochen geblieben war. Hierauf schloss man von Neuem den Kreis der Kette P, wartete, bis die electromotorische Kraft bis zu ihrem Maximum gestiegen war und führte nach einem anderen Zeitintervall eine der ersten Messung identische aus u. s. w. Die Zeiteinheit war dabei die Secunde. Um die Bewegungen des Stromschliessers so reguliren zu können, dass, während der Stromkreis von *P* geöffnet war, auch der Polarisationsstrom geöffnet blieb, wurde, da man nicht zu gleicher Zeit mit dem Auge das Fernrohr der Boussole und den Stromschliesser sehen konnte, ein dünnes Papierblatt auf den Napf *v''* gelegt. Eine Secundenuhr wurde zur Messung der Zeit benutzt. Nachdem alles vorbereitet war, senkte man, während man die Boussole beobachtete, das emporstehende Ende des

Stromschliessers mit der Hand bis auf das Papierblatt. In dem Augenblick, wo eine bestimmte, durch die Secundenuhr gegebene Zeit verstrichen war, durchbrach man mit der Spitze r'' des Stromschliessers das Papierblatt und tauchte diese in das Quecksilber des Gefässes v''. Die genaue Zeitbestimmung lässt sich dadurch erreichen, dass man laut mit der Secundenuhr zählt. Vor dem endgültigen Versuche wurde erst durch Vorversuche in jedem einzelnen Fall die Einstellung des Rheostaten bestimmt und dann durch zwei weitere Versuche controlirt.

Die folgende Tabelle giebt in der Columne t die Zeit zwischen dem Oeffnen der Kette P und dem Schliessen des Polarisationsstromes in Secunden, die zweite Columne giebt die electromotorische Kraft der Polarisation.

Tabelle XII.

t	D = 100
0″	44.9
1	28.1
2	19.0
3	14.0
4	10.1
6	3.2
8	1.8
10	1.4
20	1.4
$1^h\ 10' = 4200$	1.0

Diesen Zahlen entspricht Curve *A* auf Fig. 8.

Analoge Versuche, welche mit einer 10mal verdünnteren Lösung angestellt wurden, wobei jedoch das Gefäss *a* dieselbe Lösung, wie früher, enthielt, ergaben die folgenden Werthe:

Tabelle XIII.

t	D = 100
0	45.3
1	30.0
2	26.6
4	22.7
8	18.3
16	12.6

t	D = 100
24	7.8
5′ = 300	5.6 [1])

Die diesen Zahlen entsprechende Curve ist die Curve *B* Fig 8.

Bei der Betrachtung der Curven *A* und *B* ergiebt sich das interessante Resultat, dass die Abnahme der electromotorischen Kraft der Polarisation in dem der Curve *B* entsprechenden Fall langsamer stattfindet, als in dem der Curve *A* entsprechenden, gleich als ob die Gegenwart einer grösseren Menge Chlorwasserstoffs eine Ursache der schnelleren Umwandlung des activen Chlors in gewöhnliches wäre.

Es nimmt also bei Anwendung von concentrirterer Chlorwasserstoffsäure die Polarisation durch electrisches Chlor nach dem Oeffnen des dasselbe entwickelnden Stroms schneller ab, als in verdünnterer Chlorwasserstoffsäure.

Dieses Resultat scheint mit dem oben erwähnten übereinzustimmen, wonach in concentrirter Säure das Maximum der Polarisation langsamer und schwieriger zu erhalten ist, als in verdünnter. Die Gegenwart einer grösseren Menge Chlorwasserstoffsäure bewirkt also eine schnellere Umwandlung des activen Chlors in gewöhnliches.

§ 15.

Die schnelle Abnahme der Activität des Chlors mit der Zeit bedingt, dass dasselbe nur unmittelbar an der Platinplatte, an welcher es entwickelt wird, eine starke electromotorische Kraft zeigt und nicht etwa durch Diffusion in die umgebende Lösung und zu anderen, in dieselbe eingesenkten Platinplatten wandern kann.

---

1) Bei dem Beginn der Versuche, vor der Entwicklung des electrischen Chlors, betrug die electromotorische Kraft von *ab*, welche dem Unterschied der Concentration entsprach, 7.8, am Schluss der Versuche war sie 5.6 geworden. Es hängt dies wahrscheinlich davon ab, dass durch das Hindurchleiten des Stromes ein Theil der Salzsäure aus dem Gefäss *c* in das Gefäss *b* übergeführt worden war, und auch ein Theil der concentrirten Lösung aus *a* nach *b* und ein Theil der verdünnten von *b* nach *a* übergegangen war. Zwischen *a* und *b*, und *b* und *c* konnten keine weiteren Gefässe und Heber angebracht werden und musste in *c* eine der Lösung in *a* gleiche angewandt werden, um den Widerstand nicht übermässig zu vergrössern.

Taucht man daher in das Gefäss b eine Platte δ von Platin als positive Electrode der polarisirenden Kette, stellt dieser die Platte β, welche nicht mehr mit der polarisirenden Kette in Verbindung steht, in einem äusserst kleinen Abstand gegenüber und untersucht nach geeigneten Abänderungen des Stromschliessers das Verhalten der Platte β gegen Platte α, so zeigen beide keinen Unterschied in der electrischen Spannung.

§ 16. Zunahme der Polarisation durch actives Chlor nach Unterbrechung und wiederholter Schliessung des Stromes.

Messungen, welche den früheren analog waren, erlaubten zu bestimmen, wie die Polarisation des electrischen Chlors mit der Zeit zunimmt, wenn nach einer so lange dauernden Unterbrechung des polarisirenden Stromes, dass sich das active Chlor in gewöhnliches verwandelt hat, die Platte β von Neuem durch die Kette P polarisirt wird. Bei diesen, wie bei den vorhergehenden Messungen öffnete man die Kette P, indem man die Spitze r'' in Contact mit dem Papierblatt auf dem Gefässe v'' brachte und es dort eine Zeit lang festhielt. Alsdann liess man den Stromschliesser los, d. h. schloss den polarisirenden Strom während verschieden langer Zeiten und mass endlich die Polarisation. Die Hauptschwierigkeit lag nur darin, zu erreichen, dass sowohl die erste Berührung der Spitze r'' mit dem Papierblatt und die Rückkehr der Spitze r in v, als auch der Contact von r'' mit dem Quecksilber von v'', nach dem Durchstossen des letzteres bedeckenden Papiers, genau mit den Schlägen der Secundenuhr zusammenfielen. Bei einiger Uebung konnte dies indess mit hinreichender Genauigkeit erreicht werden. In der folgenden Tabelle giebt die erste Columne die Zeiten t, während deren der Strom von P nach einer Oeffnung während einer constanten Zeit geschlossen war; die zweite Columne giebt die electromotorische Kraft der Polarisation bei der gewöhnlichen Lösung $(\frac{1}{20})$ und die dritte bei der 10mal verdünnteren. In dem ersten Fall betrug die constante Unterbrechung $12^{sec.}$, im zweiten $20^{sec.}$. Es ist wohl überflüssig zu bemerken, dass man vor dem Versuch jedesmal wartete, bis die Platte β das Maximum der Polarisation erreicht hatte. Nachdem man durch Vorversuche einen bestimmten Werth der electromotorischen Kraft gefunden, welcher einer bestimmten Zeit entsprach, stellte man diese Messung noch drei-

mal für die kürzeren Zeiten an, da hier leichter Fehler möglich waren; für die längeren Zeiten zweimal. Die unten angegebenen Zahlen geben die resp. Mittelwerthe.

Tabelle XIV.

t	D = 100	
1	36.2	33.1
2	39.2	37.1
4	40.8	39.5
8	41.8	41.6
10	42.0	—
20	42.7	42.8
60	44 0	—
90	44.7	—

Nach den Zahlen der zweiten Columne ist die Curve *A'* und nach denen der dritten Columne die Curve *B'* in Fig. 8 construirt.

Die ganze Curve *A a A' A* giebt uns demnach den Gang der electromotorischen Kraft einer Platinplatte in der gewöhnlichen Lösung, die zu ihrem Maximum polarisirt ist, wenn der polarisirende Strom auf 12 Secunden geöffnet und nachher wieder geschlossen wird. Die Curve *B b B' B* entspricht vollständig der vorigen, nur dass hier die Lösung 10mal verdünnter ist und die Oeffnung des polarisirenden Stromes während 20 Secunden stattfindet.

Es steigt also nach dem Oeffnen und wiederholten Schliessen des Stromes die Polarisation durch actives Chlor zuerst sehr schnell fast bis zu ihrem Maximum an, welches sie dann allmählich vollständig erreicht.

§ 17.

Wir wollen nun diese Resultate mit denen des § 4 vergleichen.

Aus den ersten Beobachtungsreihen des § 4 (Curve *a* Fig. 9) ergiebt sich, dass die electromotorische Kraft der Polarisation des electrischen Chlors zunächst während einer gewissen Zeit (etwa 21') constant und nahe gleich der des gewöhnlichen Chlors ist, und dass sie alsdann zuerst schnell, dann langsam und sich einem Maximum nähernd, steigt.

Es konnte dies einer Abnahme der Concentration der Lösung in Folge des Durchganges des Stromes der Kette P zugeschrieben

werden (diese Abnahme würde jedoch in der kurzen Zeit, während der die Polarisation des electrischen Chlors constant bleibt, nur sehr klein sein), wodurch für die Bildung der von uns mit dem Namen activen Chlors bezeichneten Chlormodification günstige Bedingungen erzeugt werden würden; wäre dies wirklich der Fall, so müsste die Polarisation einer frisch zubereiteten Platte, die in diese Lösung getaucht wird, sogleich nach Schliessung des polarisirenden Stromkreises ein Ansteigen zeigen. Wir sehen indess aus der Tabelle II (Curve *a*), dass bei derselben Lösung, mit der den Tag vorher das Maximum der Polarisation erreicht war, und die demnach gewiss die zur Bildung des activen Chlors nöthige Concentration besass, die Polarisation eine Zeit lang (16′ etwa) constant blieb und dann erst nach ziemlich langer Zeit ihr Maximum erreichte; dasselbe ergiebt sich aus den Tabellen III u. s. w. Ferner nimmt die Zeit, während der die Polarisation constant bleibt, mit der Concentration der Lösung ab, und wenn die Concentration sehr klein ist (s. Tabelle XI, Curve (*f*), Fig. 9), so beginnt die electromotorische Kraft sogleich, oder doch ehe der Strom die Lösung 1′ durchflossen hat, zu steigen, in allen Fällen wird das Maximum der Polarisation aber erst nach ziemlich langer Zeit erreicht.

Ferner ergiebt sich aus den Versuchen des vorigen Paragraphen, dass, wenn wir eine Platinplatte mit electrischem Chlor bis zum Maximum polarisiren, und dann beim Oeffnen des polarisirenden Stromes während einiger Secunden die Polarisation bis zu der des gewöhnlichen Chlors gesunken ist, sie beim Wiederschliessen des polarisirenden Stromes äusserst schnell (in weniger als 1′) ihr Maximum wieder erreicht.

Das erste langsame Ansteigen lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die Menge des activen Chlors nur einen sehr kleinen Bruchtheil des gesammten, durch den Strom entwickelten Chlors bildet, und dass sie um so kleiner ist, je grösser die Concentration der Lösung ist, und dass endlich diese Modification des Chlors die Eigenschaft besitzt, in die Poren des Platins einzudringen und sich dort zu condensiren. Wenn die Platinelectroden ganz rein sind und die Lösungen eine solche Concentration besitzen, dass die Menge des entwickelten activen Chlors sehr klein ist, wird dieses Anfangs vollständig von den Electroden absorbirt werden. Die electromotorische Kraft der Polarisation kann erst dann zunehmen, wenn das Platin zum Theil ge-

sättigt ist, ich sage zum Theil gesättigt, denn da nach einer Oeffnung des polarisirenden Stromes während einer Minute das Chlor seine Activität verliert, so kann das Maximum der Polarisation des electrischen Chlors nur durch das in der letzten Minute vor dem Oeffnen des Stromes entwickelte active Chlor bedingt sein.

Nun fanden wir, dass, nachdem die Polarisation zu steigen begonnen hat, mehr als drei Stunden nöthig sind, um das Maximum zu erreichen. Es würde dies bedeuten, dass von dem durch den Strom entwickelten activen Chlor stets ein Theil von den Poren des Platins absorbirt wird, und dass dieser Theil um so kleiner wird, je mehr sich die Platte ihrem Sättigungsmaximum nähert; es bleibt demnach eine stets zunehmende Menge des in der letzten Minute vor der Messung entwickelten activen Chlors an der Oberfläche, um eine grössere Polarisation hervorzurufen; daher nähert sich diese auch immer mehr einem Maximum.

Hieraus folgt, dass, wenn die Bedingungen der Lösung derart sind, dass ein beträchtlicher Theil der ganzen Menge des electrischen Chlors activ ist, dieser nicht vollständig von dem Platin absorbirt wird, sondern zum Theil an der Oberfläche bleibt, und dass dann vom ersten Augenblick der Schliessung des Hauptstromes die Polarisation wächst und schnell ein Maximum erreicht. Wenden wir ferner ein Platinblech, das durch die Entwicklung von electrischem Chlor zum Maximum polarisirt war, an, so müsste nach unserer Annahme das Chlor noch zum grossen Theil und lange Zeit nach ihrem ersten Gebrauch in den Poren der Platte enthalten sein, und demnach müsste, auch nach einer längeren Unterbrechung des polarisirenden Stromes, wenn die Platinplatte von Neuem als positive Electrode bei der Electrolyse einer Salzsäurelösung dient, ihre Polarisation weit schneller sich einem Maximum nähern, als wenn sie ganz rein wäre. Die folgenden Versuche bestätigen dies.

Die Platte β wurde bis zum Maximum polarisirt, darauf der polarisirende Strom unterbrochen, die Platte herausgenommen, mit destillirtem Wasser gewaschen, mit Filtrirpapier getrocknet und der Luft unter Ausschluss des Lichts 18 Stunden lang ausgesetzt. Nach dieser Zeit wurde die Platte in die frühere Lösung wieder eingetaucht und von Neuem ein Strom zwischen β und α durchgeleitet; man fand dann, dass die electromotorische Kraft der Polarisation plötzlich zum Maximum anstieg. Dies wurde

dabei in viel kürzerer Zeit erhalten, als bei Anwendung einer ganz frischen Platte bei wiederholter Verwendung derselben Lösung (Tabelle II). Die Messungen sind in der folgenden Tabelle XV enthalten.

Tabelle XV.

t.	D = 100
1	36.2
2	37.7
3	39.1
[illegible]	40.2
10	42.0
15	43.3
25	44.4
35	45.3
50	45.6

Dieser Versuch bestätigt unsere Annahme; er zeigt uns, dass, wenn die Platte so zu sagen schon früher mit Chlor, das auf ihr electrolytisch entwickelt ist, gesättigt war, sie auch nach einer langen Unterbrechung des polarisirenden Stromes in ihren Poren eine grosse Menge condensirten Chlors enthält, und dass wenn sie von Neuem polarisirt wird, ihre Polarisation schnell den Maximalwerth erreicht, indem in diesem Fall das active Chlor fast vollständig an der Oberfläche der Electrode, ohne von den Poren des Platins absorbirt zu werden, bleiben kann.

Ich will hier noch bemerken, dass ich einige Male während 48 Stunden eine frisch zubereitete Platinplatte in der gewöhnlich von mir angewandten Lösung gelassen und sie alsdann als positive Electrode benutzt habe. Es stieg dann ihre Polarisation gerade so, als ob sie unmittelbar vorher zubereitet gewesen wäre. Dies zeigt, dass das in der Lösung befindliche gewöhnliche Chlor nicht die Fähigkeit besitzt, in die Poren des Platins einzudringen.

§ 18.

Das in die Poren des Platins eingedrungene Chlor wird von demselben in hohem Grade festgehalten und es ist schwer, es vollständig zu entfernen. Um ein Mass für die Kraft zu haben, mit der es festgehalten wurde, stellte ich die folgenden Versuche an.

Die Platte β wurde bis zum Maximum polarisirt, darauf wurde der polarisirende Strom 5 Minuten geöffnet, dann von Neuem die Platte β polarisirt und die Zunahme der Polarisation mit der Zeit bestimmt. In den 5 Minuten, während deren der Strom geöffnet war, war die Platte β den folgenden verschiedenen Behandlungen ausgesetzt worden. Sie wurde

A. die ganzen 5 Minuten in der ursprünglichen Lösung gelassen;

B. aus der Lösung herausgenommen, mit Filtrirpapier abgetrocknet und 4 Minuten der Luft ausgesetzt;

C. aus der Lösung herausgenommen und 4 Minuten in eine der ursprünglichen gleiche, aber von Chlor freie Lösung getaucht;

D. aus der Lösung herausgenommen und in concentrirte Salzsäure, die ebenfalls kein Chlor enthielt, getaucht;

E. wie bei C, nur dass die Lösung kochend (101° C) war;

F. mit Wasser gewaschen, abgetrocknet, in eine offene Probirröhre gesteckt, die von aussen stark erhitzt war;

G. wie bei F, nur dass die Probirröhre durch einen Korkstöpsel verschlossen war[1]; die Röhre wurde bis zum Weichwerden erhitzt.

Die für diese Fälle erhaltenen Zahlen giebt die folgende Tabelle XVI. In der ersten Columne steht die Zeit, während welcher der Strom nach dieser Behandlung durch die Platte in die Lösung geleitet wurde, die anderen geben die diesen Zeiten entsprechenden gefundenen electromotorischen Kräfte. In der Columne H findet man noch die Zahlen der Tabelle XV, d. h. die Zahlen für den Fall, dass der polarisirende Strom 18 Stunden unterbrochen war, nur dass die Platte während dieser Zeit der Luft ausgesetzt geblieben war. Die Columne J giebt endlich der Vergleichung halber das Ansteigen der Polarisation in einer frisch bereiteten Platte während derselben Zeiten.

---

1) Diese Vorsicht bei den Fällen F und G wurde angewandt, um jeden Zweifel über den Einfluss der Gase der Flamme, die in dem kälteren Theile auf der Platte condensirt werden konnten, auszuschliessen. Im Falle G war die Röhre so lang, dass der Kork nicht anbrennen konnte. In diesen beiden Fällen betrug die Zeit der Unterbrechung des Stromes 8 bis 9 Minuten.

Tabelle XVI.

Zeit	A	B	C	D	E	F	G	H	J
1	39.7	37.6	40.6	34.6	8.1	0.5	0.6	36.2	0
2	41.6	39.7	42.7	37.3	20.9	—	—	37.7	2.5
3	42.7	41.2	44.2	39.7	28.1	—	—	39.1	2.7
5	44.0	42.5	45.1	41.1	31.7	—	—	40.2	2.9
10	44.8	43.3	45.5	42.1	37.2	0.5	0.6	42.0	2.9
15	45.5	44.1	—	43.2	38.9	—	1.5	43.8	2.9
25	—	45.5	—	44.1	40.4	—	—	44.4	6.1
35	—	—	—	45.5	43.4	—	—	45.3	28.7
50	—	—	—	—	43.8	—	—	45.6	—

Alle diese Versuche zeigen, wie fest das einmal in die Platinplatte eingedrungene Chlor während langer Zeit, selbst bei höheren Temperaturen (101° Columne E) fest gehalten wird.

Die Versuche C und D ergeben übereinstimmend mit den früheren Beobachtungen (§§ 12 und 14), dass die Behandlung der Platinplatte mit concentrirter Salzsäure ihre Polarisirbarkeit oder Sättigung mit Chlor viel stärker vermindert, als bei Behandlung mit verdünnter Säure.

§ 19.

Die vorliegenden Resultate stimmen mit den von Lenz und Saweljew erhaltenen nicht überein, nach welchen die Polarisation des Platins durch Chlor so gut wie Null ist. [1])

Ihr Voltameter bestand aus zwei in einander stehenden Gefässen, von denen das innere aus einer Thonzelle bestand; das Gefäss, welches als negative Electrode eine Platinplatte enthielt, war mit gewöhnlicher Salpetersäure gefüllt, die eine beträchtliche Menge Salzsäure enthielt. Das andere, in welches ebenfalls als positiver Pol eine Platinplatte tauchte, enthielt käufliche concentrirte Salzsäure. Die Salpetersäure aber musste wegen der in ihr bereits enthaltenen resp. durch die Thonwand in sie diffundirten Salzsäure nothwendig freies Chlor enthalten. Wir sahen im ersten Abschnitt, dass auch die kleinsten Spuren von Chlor hinreichen, um eine electromotorische Kraft der Polarisation zu geben, welche der gleich ist, die man mit einer gesättigten Lösung dieses Gases erhält. Ferner musste die Polarisation am positiven Pol, wie am negativen, die des gewöhnlichen

1) Pogg. Ann. Bd. LXVII p. 497 1846.

Chlors sein, da concentrirte Salzsäure angewandt und nur wenige Minuten bis zur Messung gewartet worden war. Da demnach die Polarisation an beiden Polen gleich ist, so konnte keine electrische Differenz zwischen den beiden Electroden gefunden werden. Lenz und Saweljew glaubten, dass man auf dem negativen Pol keine Polarisation habe, da der vom Strom entwickelte Wasserstoff sogleich von der Salpetersäure absorbirt würde, und dass demnach das Fehlen eines Unterschiedes in der Polarisation der beiden Electroden anzeige, dass das Chlor keine Polarisation auf dem Platin hervorrufe.

Herr Beetz hat bei seinen Untersuchungen über die Gasketten die electromotorische Kraft der Polarisation des mit chemisch entwickeltem Chlor beladenen Platins gegen reines Platin in unserer Einheit 46.6 [1]) gefunden und in diesem Fall war die Flüssigkeit, in welche die platinirten Platinplatten der Gaskette tauchten, eine Lösung von Schwefelsäure. Bei anderen Untersuchungen findet er die electromotorische Kraft des electrolytisch aus concentrirter Chlorwasserstoffsäure mit Kochsalzlösung entwickeltem Chlor beladenen Platins gegen reines Platin im Mittel 50.5. Wir können bei Vergleichung mit unseren Versuchen nur die zweite Zahl berücksichtigen, da die erstere unter Bedingungen gefunden war, die von den unseren wesentlich verschieden sind.

Die Zahl 50.5 fällt nahe mit der von mir gefundenen zusammen; wenn ich eine, in eine ebensolche Flüssigkeit tauchende Platte anwandte, so ergab sich nämlich eine electromotorische Kraft der Polarisation 51.8. (Siehe § 12.)

Da bei den hier erwähnten Versuchen die Chlorwasserstoffsäure concentrirt war, auch vielleicht bei den Versuchen des Herrn Beetz nicht ein stundenlang fortgesetztes Durchleiten des Stromes durch die Lösung stattgefunden hatte, so entsprechen diese Resultate beide der electromotorischen Kraft der Polarisation des gewöhnlichen Chlors.

§ 20.

Fassen wir die Resultate des ersten und zweiten Abschnitts zusammen, so ergiebt sich:

Die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, die in eine Lösung von Salzsäure taucht, welche mit ge-

1) Pogg. Ann. Bd. LXXVII. p. 493 1849.

wöhnlichem Chlor gesättigt ist, gegen eine reine Platinplatte ist nicht Null, sondern etwa gleich der Hälfte der electromotorischen Kraft einer Daniell'schen Normalkette und zwar ist die Platte electronegativ. Dieser Werth hängt aber ab von der Concentration der Säurelösung und nimmt mit der Zunahme der Concentration ab. Die Polarisation erreicht sehr schnell mit der Menge des in der Lösung enthaltenen Chlors ein Maximum. Sie ändert sich auch nur sehr wenig mit der Temperatur zwischen 16 auf 100° C.

Die electromotorische Kraft der Polarisation einer mit electrolytisch entwickeltem Chlor beladenen Platinplatte, welche in Salzsäurelösung taucht, gegen eine reine Platte, ist verschieden von der einer mit gewöhnlichem Chlor gesättigten Platte. Erstere beträgt im Maximum 62 + 46 = 108 %, letztere nur 62 % von der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette. Sie nimmt mit der Zeit zu und erreicht ein Maximum, welches unabhängig von der Concentration der Lösung ist.

Die grössere Concentration der Lösung und die Zunahme der Temperatur widersetzen sich der Bildung des Chlors, das diese grössere electromotorische Kraft der Polarisation oder diese grössere Activität zeigt.

Damit die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, auf der sich actives Chlor entwickelt, ihr Maximum erreiche, ist es nöthig, dass die Poren des Platins mit Chlor gesättigt sind, und diese Sättigung kann nur eintreten, wenn das Chlor electrolytisch entwickelt ist. Das active Chlor, welches die obigen Eigenschaften zeigt, geht in den Zustand des gewöhnlichen Chlors in sehr kurzer Zeit, etwa einer Minute, wieder über, und zwar um so schneller, je concentrirter die Salzsäure ist.

Bei der Anwendung von Kohle statt des Platins als Electrode fanden sich ganz analoge Erscheinungen. Die Kohle wird indess hierbei sehr stark von dem electrolytisch entwickelten Chlor angegriffen, trotzdem sie so hart war, dass sie sich nur schwer mit der Feile behandeln liess.

III.

Die electromotorische Kraft der Polarisation des electrolytisch auf einem Platinblech aus einer Salzsäurelösung entwickelten Wasserstoffs.

§ 1. In dem vorhergehenden Abschnitt haben wir gesehen, dass das auf einer Platinplatte aus Chlorwasserstoffsäure electrolytisch entwickelte Chlor eine grössere Activität zeigt, als das Chlor, welches dieselbe an ihrer Oberfläche condensirt, wenn sie es aus einer mit Chlor gesättigten Salzsäurelösung nimmt. Es wurde ferner der Einfluss der Concentration und der Temperatur der Lösung auf diesen besonderen Zustand des Chlors untersucht. In dem vorliegenden Abschnitt sollen die Eigenschaften des electrolytisch auf einem Platinblech aus Chlorwasserstoffsäure entwickelten Wasserstoffs betrachtet werden. Auch in diesem Falle soll der Kürze wegen der auf dem Blech selbst electrolytisch abgeschiedene Wasserstoff electrischer genannt werden, der auf andere Weise abgeschiedene gewöhnlicher.

Ebenso wie beim Chlor findet man, dass die electromotorische Kraft der Polarisation des electrolytisch auf einem Platinblech abgeschiedenen Wasserstoffs weit grösser, als die des gewöhnlichen Wasserstoffs ist, sie nimmt mit der Zeit des Durchgehens des polarisirenden Stromes zu und nähert sich einem Maximum. Der Maximalwerth der electromotorischen Kraft zweier Platinplatten, die in dieselbe Lösung von Salzsäure tauchen und von denen die eine mit electrischem Wasserstoff bedeckt ist, während die andere von Gas frei ist, verhält sich zu der constanten electromotorischen Kraft einer mit gewöhnlichem Wasserstoff bedeckten Platinplatte gegen eine von Gas freie, wie 94 : 68.

§ 2. Der Apparat und die Methode der Messung waren vollkommen mit den früheren identisch. Nur etwas modificirt war die Einrichtung der Gaskette, indem zwischen die Gefässe *a* und *b*, Fig. 4, noch ein viertes Gefäss *b* mittelst Heberverbindung eingeschaltet war. Die Gefässe und Heber waren mit Chlorwasserstoffsäure angefüllt; diese enthielt: 1 Gewichtstheil concentrirte Salzsäure und 20 Theile Wasser. Sie soll Normallösung heissen. Die Lösung des ersten Gefässes *a* war mit Chlor gesättigt und enthielt eine durch einen

Platindraht mit dem Stromumschalter verbundene Platinplatte α (vgl. Fig. 4).

Eine zweite Platinplatte β tauchte in das Gefäss b und war mit dem Interruptor verbunden. Durch diesen konnte sie entweder mit dem negativen Pol der polarisirenden Kette P oder mit dem Messapparat verbunden werden. In dem vierten Gefäss c endlich befand sich eine dritte Platinplatte γ, die fest mit dem positiven Pol der Kette P verbunden war (6 Bunsen'sche Elemente). Bei einer bestimmten Lage des Interruptor bildete demnach die Platte β des Gefässes b, auf der der Wasserstoff electrolytisch entwickelt wurde und die Platte α, die in die mit Chlor gesättigte Lösung des Gefässes a tauchte, eine Gaskette. Diese Anordnung wurde angewandt, da, wie in der ersten Mittheilung angeführt wurde, eine Platinplatte, die in eine mit Chlor gesättigte Salzsäurelösung taucht, eine vollständig constante electromotorische Kraft der Polarisation besitzt. Das zwischen a und b eingefügte Gefäss hatte nur den Zweck, den Uebergang des Chlors aus dem Gefäss a in das Gefäss b zu hindern. Ferner liess man durch das Becherglas c, in dem sich das Chlor electrolytisch entwickelte, einen continuirlichen Wasserstoffstrom gehen, um die Anhäufungen des ersteren Gases in der Lösung und einen Uebergang desselben in das Gefäss b zu verhindern. Zwischen den Gefässen b und c konnte wegen des zu grossen Widerstandes kein weiteres Gefäss eingeschaltet werden. Die Platinbleche wurden vor jeder neuen Versuchsreihe ebenso behandelt, wie in der früheren Mittheilung beschrieben ist.

§ 3. Polarisation des mit gewöhnlichem Wasserstoff beladenen Platins. Einfluss der Concentration.

Da das Wasserstoffgas nur sehr wenig im Wasser resp. in einer wässrigen Lösung von Salzsäure löslich ist und die kleine in dieser Flüssigkeit gelöste Menge, wenn die Lösung der Luft ausgesetzt wird, sehr bald abdunstet, so musste in der Lösung eine Stunde vor dem Versuche und während desselben electrolytisch an einer zweiten Platinplatte δ Wasserstoff entwickelt werden. Bei der feinen Vertheilung des electrolytisch abgeschiedenen Wasserstoffs in ganz kleinen Bläschen, eine Vertheilung, die noch durch Schütteln des Bleches vermehrt wurde,

war es am leichtesten möglich, eine Sättigung der Lösung mit Wasserstoff zu erhalten. Die Lösung erschien dabei milchig.

Eine Uebereinstimmung der beobachteten Zahlen liess sich nur mit grosser Sorgfalt erreichen. Als Mittel verschiedener Versuche zur Bestimmung der electromotorischen Kraft der Polarisation des gewöhnlichen Wasserstoffs gegen gewöhnliches Chlor erhielt man 129.5, wenn die electromotorische Kraft der Normalkette D = 100 ist. Die grössten Abweichungen von diesem Werth waren nicht bedeutender als 0,01 D. In den früheren Mittheilungen haben wir gesehen, dass die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, die in eine Salzsäurelösung von gleicher Beschaffenheit, wie in den vorliegenden Versuchen, tauchte, und die mit gewöhnlichem Chlor gesättigt war, gegen eine andere Platte in einer gleichen, aber von Chlor freien Lösung gleich 0.62 D ist. Aus den vorliegenden Versuchen ergiebt sich die electromotorische Kraft einer mit gewöhnlichem Wasserstoff bedeckten Platinplatte gegen eine in einer Lösung von derselben Concentration befindliche, mit gewöhnlichem Chlor bedeckte Platte gleich 1,295 D. Demnach ist die electromotorische Kraft der Polarisation einer mit Wasserstoff bedeckten Platinplatte gegen eine von Gas freie Platte, wenn beide Platten in eine Lösung von der eben angegebenen Concentration tauchen,

$$(1.295 - 0,62) D = 0.675 D.$$

Alle Zahlen im Folgenden geben die electromotorischen Kräfte der Polarisation einer mit Wasserstoff beladenen Platinplatte unter verschiedenen Umständen gegen eine von Gas freie Platte, das heisst die direct gefundenen Zahlen weniger 0,62 D.

Um auch in diesem Fall den Einfluss der Concentration der Lösung auf die electromotorische Kraft der Polarisation des auf einer Platinplatte abgeschiedenen Wasserstoffs zu untersuchen, wurde die schon früher angewendete Methode wiederum benutzt. In dem Gefäss *a* war die mit Chlor gesättigte Lösung stets die normale, in den Gefässen *c* und *d* aber hatten die Lösungen unter sich eine gleiche, jedoch von der in *a* verschiedene Concentration. In dem Gefäss *b* wurde eine Lösung von einer mittleren Concentration angewandt. Der erste Heber enthielt Normallösung, der zweite und dritte Lösungen, die identisch mit denen in *c* und *d* waren. In der folgenden Tabelle giebt die erste Columne A die Gewichtseinheiten Wasser, welche die Lösungen in *c* und *d* auf eine Gewichtseinheit der Normalsäure enthielten, die

Columne E die electromotorische Kraft der Polarisation. Jede Zahl der Columne E ist das Mittel verschiedener Messungen. Dabei ist D = 100 angenommen.

Tabelle I.

A	E
0	63.2
1	64.2
2	66.1
5	66.7
20	67.4
100	69.0
400	70.4

Eine mit Wasserstoff beladene und in verdünnter Salzsäure befindliche Platinplatte ist also gegen eine ebensolche in concentrirter Salzsäure stehende Platte um so positiver, je verschiedener die Concentration der Säure ist. Unter denselben Bedingungen verhält sich bei Sättigung der Salzsäure mit Chlor die Platinplatte in der verdünnteren Säure stärker electronegativ. Der Einfluss der Concentration beim Wasserstoff ist weit geringer als beim Chlor. Es ändert sich nämlich bei einer Aenderung der Concentration, von der concentrirten Lösung zu einer, die auf 1 Theil Säure 400 Theile Wasser enthält, die electromotorische Kraft der Polarisation beim Wasserstoff um 0.704 — 0.632 = 0.072 D, beim Chlor dagegen um 0.279 D, also etwa um das vierfache.

§ 4. Polarisation durch electrischen Wasserstoff.

Um die Polarisation durch electrischen Wasserstoff untersuchen zu können, wurde die Platte δ entfernt und die Platte β vermittelst des Stromschliessers mit dem negativen Pol der polarisirenden Kette verbunden. Darauf wurde der Stromkreis geschlossen und von Zeit zu Zeit die electromotorische Kraft der Polarisation des Systems *a*, *d*, *c* bestimmt. Die mit Chlor und mit Wasserstoff beladenen Platinplatten befanden sich in gleich concentrirten Salzsäurelösungen. Es wurden ausser den vorläufigen Beobachtungsreihen drei definitive angestellt, die gleiche Resultate ergaben. Der Kürze wegen soll nur die folgende mit-

getheilt werden. Die erste Columne enthält die Zeit in Minuten, die von der Schliessung der polarisirenden Kette bis zur Bestimmung der electromotorischen Kraft der Polarisation verstrich. Die Werthe dieser, die den betreffenden Zeiten entsprechen, giebt die zweite Columne:

Tabelle II.

t	D = 100
0'	68.0
1	71.7
2	71.5
3	71.7
5	71.7
10	71.7
18	73.7
20	76.0
22.5	78.2
25	80.0
30	84.5
35	86.7
40	87.6
55	88.8
80	91.0
115	93.0
175	94.8

Nehmen wir die Zahlen der ersten Columne als Abscissen und die der zweiten weniger 68 als Ordinaten, so ergiebt sich die Curve (*a*) auf Fig. 11. Diese giebt uns demnach die Zunahme der Polarisation durch Wasserstoff in den verschiedenen Zeiten, während deren der Strom geschlossen bleibt. Aus diesen Zahlen sieht man, dass die electromotorische Kraft der Polarisation des electrischen Wasserstoffs grösser als die des gewöhnlichen Wasserstoffs ist; zuerst bleibt sie während einiger Minuten constant, steigt alsdann schnell gegen ein Maximum und nähert sich diesem langsam.

Bei anderen Versuchen wurde als Electrode eine Platinplatte von derselben Länge und Breite angewandt, wie bei den früheren Versuchen; nur war sie etwas dünner, ihre Dicke betrug nämlich 0.054^{mm}. Ich fand dieselben Resultate wie vorher, mit dem einzigen Unterschied, dass die Zeit, während welcher die electromotorische Kraft constant blieb, kleiner als im vorher-

gehenden Fall war (10 bis 12 Minuten) und das Maximum schneller erreicht wurde (in 40 bis 50 Minuten). Die in beiden Fällen gefundenen Maxima fielen indess ganz zusammen mit denen bei den früheren Platten gefundenen. Fünf verschiedene Beobachtungsreihen ergaben stets dasselbe Resultat.

§ 5. Die obigen Messungen waren angestellt worden, ohne dass die Lösung gekocht und ohne dass darin Wasserstoff vor dem Versuch entwickelt worden wäre. Um zu entscheiden, ob hierin vielleicht ein Grund zu suchen sei, dass die electromotorische Kraft im Anfang constant bleibt, wurde die Lösung gekocht und einige Stunden vor dem Versuch electrolytisch auf einer besonderen Platinplatte Wasserstoff darin entwickelt, um sie damit vollständig zu sättigen. Dabei befand sich die Platte, mit welcher die Versuche angestellt werden sollten, nicht in der Lösung. Wurde nun diese Platte eingesenkt, nachdem sie vorher mit dem negativen Pol der polarisirenden Kette verbunden war, und electrolytisch auf derselben Wasserstoff entwickelt, so ergaben sich die gleichen Resultate wie vorher.

Dies war nicht mehr der Fall, wenn die letztere Platte sich bereits in der Lösung befand, während Wasserstoff in derselben auf der oben erwähnten besonderen Platinplatte entwickelt wurde, und erst nachher auch auf ihr electrolytisch Wasserstoff abgeschieden wurde.

Die folgende Reihe giebt den Gang der Polarisation in diesem Fall. Die Platinplatte, mit der die Messungen angestellt wurden, tauchte etwa 90 Minuten vor Beginn des Versuchs in die Lösung, während in derselben Wasserstoff entwickelt wurde. Die electromotorische Kraft der Polarisation gegen eine andere Platte, die in eine identische, nur von Gas freie Lösung tauchte, betrug, bevor sie mit der polarisirenden Kette in Verbindung gesetzt wurde, 0.67 D. Wurde nun electrolytisch auf ihr Wasserstoff entwickelt, so ergab sich

Tabelle III.

t	D = 100
0	67.0
1	84.2
2	86.3
3	87.1
5	88.9
7	89.9

t	D = 100
10	90.5
15	91.3
20	92.3
30	93.2
60	93.2
85	93.9

Die Curve (*b*) der Fig. 11 zeigt uns den Gang dieser Erscheinung. Die Zahlen der ersten Columne geben die Abscissen, die der zweiten, weniger 68, die Ordinaten. Dasselbe Resultat erhielt man auch, wenn der zur Sättigung der Lösung benutzte Wasserstoff nicht electrolytisch, sondern chemisch dargestellt und gehörig gereinigt war. Ebenso war es ohne Einfluss auf die Resultate, wenn das zu polarisirende Platinblech vor der Polarisation sich schon längere Zeit vorher, selbst 90 Minuten, in der Lösung befand. Ferner gab die dünnere Platte dieselben Resultate, nur dass die Polarisation ihr Maximum 94 in kürzerer Zeit (10—15 Minuten) als vorher erreichte. Aus diesen Versuchen sieht man, dass, wenn die zu polarisirende Platinplatte, vor der Verbindung mit der polarisirenden Kette, in der stets mit Wasserstoff gesättigten Lösung sich befand, so dass sich in ihren Poren das Gas condensiren konnte, unmittelbar nach dem Schliessen des polarisirenden Stromes die Polarisation stieg und in einer kürzeren Zeit das Maximum erreichte, als wenn die Platte sich in einer von Gas freien Lösung befand.

§ 6. Bei den im vorhergehenden Paragraphen beschriebenen Versuchen hatte die Platte den in der Lösung enthaltenen Wasserstoff in ihren Poren condensirt; es soll nun untersucht werden, wie die Resultate sich gestalten, wenn man den Wasserstoff von vornherein auf der betreffenden Platte selbst entwickelt. Dazu liess man die Platte mit dem negativen Pol der Kette verbunden, bis die Polarisation ein Maximum erreicht hatte, und unterbrach dann den Polarisationsstrom 5 Minuten (eine so lange Zeit ist nämlich nöthig, damit der Werth der Polarisation des electrischen Wasserstoffs bis zu dem der Polarisation des gewöhnlichen sinkt), alsdann schloss man ihn wieder und bestimmte das Ansteigen der Polarisation mit der Zeit, von dem letzten Schliessen der Kette an gerechnet.

Die folgende Reihe giebt die Resultate dieses Versuches.

Tabelle IV.

t	D = 100
1'	83.8
2	85.4
3	86.3
5	87.3
10	89.6
15	91.7
20	93.0

Die Curve (*c*) Fig. 11 entspricht dieser Reihe. Vergleicht man die Reihen III und IV und die Curven (*b*) und (*c*), so sieht man, dass es für die Polarisation gleichgiltig ist, ob der Wasserstoff auf dem Platin vor der Polarisirung condensirt worden ist, indem man dasselbe electrolytisch auf ihm abschied, oder ob er aus der Lösung, in der er aufgelöst war, aufgenommen worden ist.

§ 7. Activer Wasserstoff.

Vergleichen wir jetzt alle diese Resultate mit denen in der vorhergehenden Mittheilung, die sich auf das Chlor beziehen, so finden wir für beide Gase für die Polarisation einen wesentlichen Unterschied, je nachdem das Gas aus der Lösung, in der es gelöst ist, aufgenommen, oder electrolytisch auf dem Blech abgeschieden wird.

Die Polarisation ist in dem letzteren Falle für beide Gase unmittelbar nach dem Schliessen des polarisirenden Stromes etwas grösser als im ersten Fall, bleibt eine Zeit lang constant und steigt dann schnell zu einem Maximum. Wie bei den Versuchen mit Chlor könnten wir vermuthen, dass vielleicht die Aenderung der Concentration der Salzsäure durch den Strom beim Polarisiren der mit Wasserstoff beladenen Platinplatte die stärkere electromotorische Kraft derselben bedingen könnte. In der That haben wir in § 4 gezeigt, dass eine mit Wasserstoff beladene Platinplatte um so electropositiver ist, je verdünnter die Lösung ist, in die sie taucht; durch den polarisirenden Strom wird aber an der Platte, an welcher sich der Wasserstoff entwickelt, die Lösung verdünnt. Zudem ergiebt sich aus der Reihe I, dass, wenn der Wasserstoff nicht direct an der Platte entwickelt wird, die electromotorische Kraft bei verdünnter Salzsäure mit resp. 20 und 400 Theilen Wasser sich nur um 0.03 D ändert, während, wenn die Platinplatte direct durch electro-

lytisch an ihr entwickelten Wasserstoff polarisirt wird, der Unterschied der electromotorischen Kräfte vor dem Hindurchleiten und nach Erreichung des Maximums 0.26 D beträgt. Auch würden sich die Unterschiede in den durch Tab. II und III dargestellten Versuchsreihen nicht erklären lassen, wenn die oben erwähnte Erscheinung nur von einer Aenderung der Concentration herrührte. Aus der Gleichheit des Verhaltens des Wasserstoffs und Chlors können wir daher auch für ersteres annehmen, dass es in einen activen Zustand übergeht. Wir brauchen dann in den für das Chlor erhaltenen Schlussresultaten nur andere numerische Werthe einzusetzen. Wir finden demnach, dass:

> der durch den galvanischen Strom in einer Platinplatte entwickelte Wasserstoff eine stärkere (positive) electromotorische Kraft besitzt, als der gewöhnliche Wasserstoff. Die electromotorische Kraft einer mit diesem activen Wasserstoff beladenen Platinplatte gegen eine reine Platte ist etwa im Maximum 0.93 der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette, während die electromotorische Kraft einer mit gewöhnlichem Wasserstoff beladenen Platte gegen eine reine Platte in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gleich 0.68 D ist.

§ 8. Ist auf einer Platinplatte das Maximum der Polarisation mit einem der beiden Gase erreicht, und wird darauf für 5 Minuten der polarisirende Strom unterbrochen, so wird die Polarisation gleich der, welche dem Gas im gewöhnlichen Zustand entspricht. Schliesst man alsdann von Neuem den polarisirenden Strom, so steigt die electromotorische Kraft der Polarisation sogleich, ohne eine Zeit lang constant zu bleiben, wie bei einer frisch in die Lösung getauchten Platte, und das Maximum wird in einer weit kürzeren Zeit erreicht (vgl. Tab. X der vorhergehenden Mittheilung und Tab. IV der vorliegenden). Dagegen zeigt sich insofern ein Unterschied, als es beim Chlor gleichgültig ist, ob die frisch zubereitete Platte unmittelbar vor dem Schliessen des polarisirenden Stromes in die Lösung getaucht worden ist, oder ob sie sich bereits längere Zeit in der Lösung befunden hat, welche mit Gas gesättigt ist, das entweder electrolytisch an einer anderen Platte abgeschieden oder auf chemischem Wege zubereitet war. Für den Wasserstoff dagegen haben wir gefunden,

dass nur dann, wenn die frisch zubereitete Platinplatte, auf der sich das Gas entwickeln soll, in den polarisirenden Stromkreis unmittelbar nach dem Eintauchen in die Lösung eingeschaltet wird, dasselbe Verhalten wie das chemische Chlor zeigt; bleibt die Platte dagegen eine Zeit lang in der Lösung, in der sich Wasserstoff entwickelt, so verhält sie sich, als ob sie bereits früher zur Entwickelung von Wasserstoff gedient hätte. Dieser Unterschied scheint sich daraus zu erklären, dass das electrische Chlor in die Poren des Platins aufgenommen werden kann, gewöhnliches dagegen nicht, während dies sowohl beim gewöhnlichen wie electrischen Wasserstoff der Fall ist.

§ 9. Einfluss der Concentration der Salzsäure-Lösung auf die Polarisation durch electrischen Wasserstoff.

Die Aufstellung der Gaskette war bei diesen Versuchen dieselbe wie beim gewöhnlichen Wasserstoff (§ 3 der vorliegenden Mittheilung). Die Chlorwasserstoffsäure enthielt auf 1 Molecül H Cl etwa 6 H_2O. Die folgende Tabelle giebt in der ersten Columne die Zeiten, in den folgenden die verschiedenen Versuchsreihen zur Bestimmung der electromotorischen Kräfte, die verschiedenen Concentrationen entsprechen. Ueber jeder dieser Reihen ist angegeben, wie viel Theile Wasser auf einen Theil der obigen Säure in den Lösungen enthalten sind.

Tabelle V.

t	D = 100				
	0	0	1	5	20
1	66.8	64.3	68.1	68.8	71.7
2	66.8	64.3	68.0	68.7	71.5
4	66.6	—	—	—	—
6	67.3	—	70.5	69.0	—
8	68.0	65.1	73.1	—	—
10	69.7	64.6	74.1	70.0	71.7
12	70.6	—	76.6	71.1	—
14	—	—	—	74.0	—
16	71.4	64.6	78.2	76.4	—
20	71.6	64.6	79.6	79.1	76.0
25	—	—	—	84.1	80.0
30	72.0	64.6	77.0	86.6	84.5
40	72.4	65.5	77.1	88.1	87.6
60	72.8	65.5	—	92.7	—

t	D = 100				
	0	0	1	5	20
80	—	63.4	—	93.4	91.0
100	—		—	93.1	—
120	—		—	93.5	—
130	--		77.2		—
140	—				—
175	—				94.8
330	72.9				

Aus diesen Zahlen sieht man, dass wie beim Chlor (Abschnitt II § 12) die zunehmende Concentration, von einer bestimmten Grenze an, die Bildung des activen Wasserstoffs hindert. Auch diese Unterschiede können nicht von der durch die verschiedene Concentration der Salzsäure bedingten electromotorischen Kraft herrühren, da bei Beginn der Versuche die electromotorischen Kräfte bei verschieden concentrirten Lösungen nahe gleich sind.

§ 10. Einfluss der Temperatur auf die electromotorische Kraft der Polarisation des activen Wasserstoffs.

Um diesen Einfluss zu untersuchen wurde die Gaskette ebenso wie bei der analogen Untersuchung beim Chlor aufgestellt. Ich polarisirte die Platinplatte, auf der sich der Wasserstoff electrolytisch entwickelte, etwa bis zum Maximum und begann dann die Messung erst bei zunehmender und dann bei abnehmender Temperatur. Dabei blieb während der Dauer des Versuches die Platinplatte mit der polarisirenden Kette verbunden. Die folgende Tabelle giebt die erhaltenen Resultate.

Tabelle VI.

Temp.	Temp.	D = 100
16°	16°	92.9
»	20	92.9
»	30	92.9
»	40	93.3
»	50	94.0
»	60	94.4
»	70	95.1
»	80	95.1

Temp.	Temp.	D = 100
16°	90	93.7
"	98	93.7
"	90	96.0
"	80	93.3
"	70	93.5
"	60	93.1
"	50	93.1
"	40	93.1
"	30	95.1
"	20	95.1

Die Temperatur hat, wie man sieht, kaum einen Einfluss auf die Polarisation des electrolytisch auf einer Platinplatte abgeschiedenen Wasserstoffs. Die kleine Zunahme beim Beginn der Versuche mit zunehmender Temperatur beruht darauf, dass das Maximum der Polarisation noch nicht vollständig erreicht ist, bei abnehmenden Temperaturen dagegen bleibt die electromotorische Kraft der Polarisation zwischen 98° und 20° constant. Anders verhielt es sich beim activen Chlor, bei dem die Polarisation schnell mit dem Wachsen der Temperatur abnahm.

Herr Beetz hat gefunden,[1]) dass, wenn man Salzsäure durch den Strom zersetzt und die Electrode, an der sich Wasserstoff abscheidet, erwärmt, ihre Polarisation abnimmt. Diese Thatsache stimmt nicht mit den von mir erhaltenen Resultaten überein, aber Herr Beetz benutzte in seinen Versuchen als polarisirende Kette nur ein Daniell'sches Element; dabei war die Intensität des Stromes durch einen starken Widerstand geschwächt. Um unter möglichst gleichen Verhältnissen wie Herr Beetz zu arbeiten, polarisirte ich die Platinplatte vermittelst 6 Bunsen'scher Elemente bis zum Maximum 0.93 D, entfernte dann 5 Bunsen'sche Elemente; es fiel die Polarisation auf 0.85 D und blieb 30 Minuten constant. Erwärmte man darauf die Platinplatte, so erhielt man folgende Beobachtungsreihe für die Aenderung der Polarisation mit der Temperatur.

Tabelle VII.

Temp.	Temp.	D = 100
16°	16°	85.6
"	30	85.1
"	40	83.3
"	50	81.7

1) Pogg. Ann. Bd. 79 pag. 109. 1850.

Temp.	Temp.	D = 100
16°	60	80.4
»	70	80.4
»	80	79.2
»	90	77.5

Die Polarisation nimmt demnach beim Steigen der Temperatur bei einem starken polarisirenden Strom nicht, bei einem schwachen dagegen ab.

§ 11. Abnahme der Polarisation einer mit electrischem Wasserstoff beladenen Platinplatte mit der Zeit nach der Unterbrechung des polarisirenden Stromes.

Die Art der Messung entspricht vollständig der beim Chlor (cf. voriger Abschnitt § 14). Hier wie in allen früheren Fällen wurde zwischen dem Gefäss *b*, in dem sich der Wasserstoff entwickelte, und in dem, in welchem sich die mit Chlor gesättigte Salzsäurelösung (*a*) befand, noch ein drittes Gefäss eingeschaltet. Die Lösung in *a* war stets die Normallösung (1 H Cl : 20 H_2 O). Es wurden drei verschiedene Beobachtungsreihen ausgeführt, indem sich ein Mal im Gefäss *c* die Normallösung befand; das zweite Mal war sie durch eine andere ersetzt, welche auf 1 Thl. Säure 4 Thle. Wasser enthielt. In der folgenden Tabelle giebt die Columne t die Zeit zwischen dem Oeffnen der Kette P und dem Schliessen des Polarisationsstromes in Secunden, die Columne A die Werthe der electromotorischen Kraft der Polarisation im ersten Fall, die Columne B im zweiten Fall. Die Columne C giebt die Resultate von Messungen, welche 6 Monate früher unter den gleichen Bedingungen, wie die erste der beiden Reihen, angestellt sind. Die Zahlen der Reihen A und C können daher einen Massstab für die Genauigkeit der Messungen liefern.

Tabelle VIII.

t	A	B	C
0″	94.6	93.7	93.8
1	83.3	74.7	84.7
2	80.9	73.4	78.0
4	—	—	74.8
5	76.7	71.7	—
10	73.1	71.6	72.2
20	70.1	71.4	71.6
60	70.7	71.1	71.4
300	64.0 (?)	70.0	—
360			70.1

Die Zahlen in der Columne A und B entsprechen den Curven A und B der Fig. 11. Die römischen Zahlen auf der Abscissenaxe geben die Abscissen selbst dieser Curven. Die Zahlen der Tabelle VIII und die diesen entsprechenden Curven ergeben:

a) dass die Polarisation des activen Wasserstoffs schnell mit der Zeit nach dem Oeffnen der polarisirenden Kette abnimmt, bis sie etwa denselben Werth wie beim gewöhnlichen Wasserstoff erreicht;
b) dass diese Abnahme um so schneller stattfindet, je concentrirter die Lösung ist.

Wir können hieraus wie beim Chlor schliessen:

dass durch die Gegenwart einer grösseren Menge von Salzsäure auch eine schnellere Umwandlung des activen Wasserstoffs in gewöhnlichen bedingt ist.

Dies Resultat stimmt mit dem im § 8 für den Einfluss der Concentration auf die Bildung des activen Wasserstoffs gefundenen überein.

§ 12. Fassen wir die Resultate dieser Untersuchung zusammen, so finden wir Folgendes:

Die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte, die in eine Lösung von Salzsäure taucht und mit Wasserstoff beladen ist, gegen eine von Gas freie Platinplatte, die in eine identische Lösung taucht, schwankt zwischen 0.63 D und 0.70 D, je nach der verschiedenen Concentration der Lösung, und zwar ist sie um so kleiner, je grösser die Concentration ist.

Die electromotorische Kraft der Polarisation einer mit electrolytisch entwickeltem Wasserstoff beladenen Platinplatte, welche in Salzsäurelösung taucht, gegen eine von Gas freie Platte ist verschieden von der einer mit gewöhnlichem Wasserstoff gesättigten Platte. Erstere beträgt 0.94, letztere 0.68 der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette. Sie nimmt mit der Zeit der Polarisation zu und erreicht ein Maximum, welches bei geringen Concentrationen unabhängig von der Concentration der Lösung ist. Die grössere Concentration der Lösung widersetzt sich der Bildung des Wasserstoffs, der diese grössere electromotorische Kraft der Polarisation oder diese grössere Activität zeigt.

Die Temperatur hat keinen Einfluss, wenn der polarisirende Strom stark ist, dagegen vermindert sich bei Anwendung von schwachen Strömen die Activität, wenn die Temperatur steigt.

Damit die electromotorische Kraft der Polarisation einer Platinplatte ihr Maximum erreiche, ist es nöthig, dass die Poren des Platins mit Wasserstoff gesättigt sind, und diese Sättigung kann dadurch hervorgebracht werden, dass Wasserstoff entweder direct auf der betreffenden Platte oder in der Lösung selbst entwickelt wird, in welche die Platte taucht. Der active Wasserstoff, welcher die obigen Eigenschaften zeigt, geht in den Zustand des gewöhnlichen Wasserstoffs in sehr kurzer Zeit, etwa einer Minute wieder über, und zwar um so schneller, je concentrirter die Lösung ist.

IV.

Ueber die Polarisation von Kohlenelectroden durch Chlor und Wasserstoff in Chlorwasserstoffsäurelösungen.

§ 1. Die Electroden von Kohle, welche benutzt wurden, hatten die Gestalt eines Parallelepipeds mit quadratischer Basis (Länge der Seite = 10^{mm}). Vor dem Gebrauch wurden die Kohlen einige Stunden mit Salpetersäure gekocht, alsdann mit kohlensaurem Natron, dann mit destillirtem Wasser, alsdann mit concentrirter Salzsäure und endlich mit Salzsäure, welche die nämliche Concentration hatte, wie die in den Versuchen benutzte.

§ 2. Zunächst wurde die electromotorische Kraft zwischen einer Platinplatte und der Kohle in derselben, mit Chlor gesättigten Lösung bestimmt; sie war so gut wie Null (nämlich kleiner als 0.002 Daniell, dabei war die Kohle negativer als das Platin).[1]) Alsdann wurden mit den Kohlenelectroden die nämlichen Ver-

---

1) Herr Beetz findet in seiner schönen Arbeit über die electromotorische Kraft der Gase (Pogg. Ann. Bd. 77), dass die electromotorischen Kräfte der Polarisation des Platins und der Kohle für dasselbe Gas nicht gleich sind, sondern dass die mit Kohlenelectroden erhaltenen kleiner sind, als die mit Platinelectroden erhaltenen, und dass unabhängig von dem gerade benutzten Gase das Verhältniss der electromotorischen Kräfte der Polarisation bei Kohlen- und Platinelectroden constant und zwar 0.4687 ist. Es stimmt dies nicht mit unseren Versuchen überein, doch könnte der Grund für diese Abweichung darin liegen, dass Herr Beetz als Flüssigkeit in seinen Gasketten Schwefelsäure benutzte.

suche angestellt, wie mit den Platinelectroden. Es wurde also in einer mit Chlor gesättigten Salzsäurelösung auf der Kohle electrisches Chlor abgeschieden und die electromotorische Kraft dieser Electrode gegen eine in eine Lösung von gewöhnlichem Chlor tauchende Kohle bestimmt. Um die Kohle vollständig mit Chlor zu sättigen, war sie in der Lösung, in der von Zeit zu Zeit Chlor entwickelt wurde, einen Tag lang gelassen worden. Wie stets wurden erst Vorversuche angestellt, um sicherer die wahren Werthe zu erhalten. Die Tabelle I giebt eine Reihe der Resultate solcher Endversuche.

Tabelle I.

t	D = 100
0	00.0
1	16.3
2	19.9
3	22.2
5	24.9
7	27.1
10	29.3
15	31.6
20	32.9
30	33.9
50	34.5
70	35.1
155	35.0

Wurde der Strom der polarisirenden Kette während 30 Secunden geöffnet, so erhielt man als electromotorische Kraft der Polarisation 0.011 D. Nach einer Minute war die Polarisation Null.

Aus den vorstehenden Versuchen ergiebt sich, dass die electromotorische Kraft der Polarisation eines Kohlenparallelepipeds, wenn es mit electrischem Chlor beladen ist, grösser ist als die eines eben solchen Kohlenparallelepipeds, das mit gewöhnlichem Chlor gesättigt ist. Sie nimmt mit der Zeit bis zu einem Maximum zu.

Das Phänomen ist vollständig analog dem bei Platinelectroden, nur dass die Grösse des Maximums der electromotorischen Kraft der Polarisation bei der Kohle kleiner ist. Dabei verhält sich der Maximalwerth der electromotorischen Kraft der Polarisation durch electrisches Chlor bei Anwendung von Platinelectroden zu der bei Kohlenelectroden wie 46 : 35. Während wir beim Platin gefunden

haben, dass, wenn die Platinplatte frisch bereitet und noch kein Chlor in ihren Poren condensirt worden ist, die Polarisation eine Zeit lang constant bleibt und dann zu einem Maximum ansteigt, zeigt sich bei der Kohle, dass die Polarisation gleich zu einem Maximum ansteigt, d. h. bei der Kohle ist es nicht nöthig, um die Poren mit Chlor zu sättigen, dass das Chlor an der Oberfläche und electrolytisch abgeschieden worden ist (vgl. § 17 unter II), sondern es genügt, dass das Chlor in der Flüssigkeit gelöst enthalten ist. Es entspricht dieses Verhalten dem des Platins gegen Wasserstoff (vgl. § 6 und § 7 der vorliegenden Mittheilung).

Ich muss noch beifügen, dass ich auch hier eine der bereits unter II, § 20 am Ende erwähnten entsprechende Thatsache beobachtete, dass nämlich auch die compacte Kohle an den Stellen, wo die Entwicklung des Chlors am stärksten war, merklich zerstört wurde.

§ 3. Polarisation von Kohlenelectroden durch Wasserstoff.

Um die Polarisation einer Kohlenelectrode, die mit gewöhnlichem Wasserstoff beladen war, zu bestimmen, stellte ich die Gaskette wie bei der Anwendung von Platinelectroden auf. (III § 4.)

Es war unmöglich, irgend brauchbare Messungen für den Fall zu erhalten, dass Wasserstoff electrolytisch an einer besonderen Platinplatte in der Lösung abgeschieden wurde, oder dass aus verdünnter Schwefelsäure und Zink dargestellter Wasserstoff durch die Lösung geleitet wurde. Da es mir an Zeit mangelte, um die störenden Ursachen zu untersuchen und zu eliminiren, so polarisirte ich direct das Kohlenparallelepiped mit Wasserstoff, öffnete alsdann den polarisirenden Strom während 5 Minuten und mass die Polarisation nach dieser Zeit.

Bei zwei solchen Messungen erhielt ich als Werth der electromotorischen Kraft der Polarisation der mit Wasserstoff (von dem wir annehmen, dass er in gewöhnlichem Zustande sei) beladenen Kohlenelectrode gegen eine mit Chlor beladene Kohlenelectrode einmal 1.354 D, das zweite Mal 1.366 D. Da wir nun im § 2 dieses Abschnittes gesehen haben, dass die Polarisation der Kohle und des Platins für gewöhnliches Chlor in den Grenzen unserer Versuche gleich ist, und da die electromotorische Kraft einer mit Chlor beladenen Platinplatte gegen eine gleiche, aber von Gas

freie 0,62 ist, so würde die electromotorische Kraft der Polarisation unserer mit gewöhnlichem Wasserstoff beladenen Kohlenelectrode gegen eine von Gas freie Platinplatte:

$$(1.36 - 0.62)\ D = 0.74\ D$$

betragen, während wenn die mit gewöhnlichem Wasserstoff polarisirte Electrode aus Platin besteht, dieselbe electromotorische Kraft 0.68 D, d. h. etwas kleiner ist.

Hierauf bestimmte ich die electromotorische Kraft der Polarisation einer mit electrischem Wasserstoff beladenen Kohlenplatte gegen eine von Gas freie Platinplatte. Das Verfahren war ganz das frühere. Die folgende Tabelle giebt eine Reihe der definitiven Zahlen.

Tabelle II.

t	D = 100
2'	103.6
3.5	116.4
5	120.5
10	121.2
25	123.0
50	123.3
170	123.8

Aus diesen Zahlen sieht man: dass die electromotorische Kraft der Polarisation eines Parallelepipeds von Kohle, das mit electrischem Wasserstoff geladen ist, gegen reine Kohle grösser ist, als die eines eben solchen Parallelepipeds, das gewöhnlichen Wasserstoff enthält. Sie nimmt mit der Zeit bis zu einem Maximum zu. Ganz ebenso verhielten sich Platinelectroden, nur dass dort das Maximum kleiner ist als bei der Kohle. Die in beiden Fällen erhaltenen Zahlen verhalten sich etwa wie 94 : 124.

Schluss.

Das Hauptresultat, welches sich aus diesen Versuchen ergiebt, ist, dass Wasserstoff und Chlor in dem Augenblick, in dem sie aus der Verbindung austreten (in statu nascendi), und wenn sie auf Platin- oder Kohlenelectroden condensirt werden, gegen eine andere Platinplatte oder ein Kohlenparallelepiped, das frei von Gas ist, electromotorische Kräfte der Polarisation zeigen, die grösser sind, als wenn die Gase im gewöhnlichen Zustand auf denselben Körpern condensirt werden oder nach der

electrolytischen Abscheidung längere Zeit auf denselben verweilt haben.

Eine grössere electromotorische Kraft der Polarisation zeigt uns nach der mechanischen Wärmetheorie, dass eine grössere Wärmeentwickelung bei der Verbindung dieser Gase mit einem der Bestandtheile der Flüssigkeit, in die die Electroden eintauchen, erzeugt wird. Da nun aber die grössere Wärmeentwickelung ein Maass für die Intensität des chemischen Processes darbietet, haben wir geglaubt, die beiden Gase in diesem Zustand als actives Chlor und activen Wasserstoff betrachten zu dürfen. Das active Chlor und der active Wasserstoff sind in dieser Hinsicht dem activen Sauerstoff (Ozon) vergleichbar, nur dass das Ozon längere Zeit seine Activität beibehält, während sie diese beiden Gase schnell verlieren.

Späteren Untersuchungen muss es überlassen bleiben zu entscheiden, ob diese Verschiedenheit des Verhaltens etwa möglicher Weise mit der verschiedenen Werthigkeit des Wasserstoffs und Chlors einerseits, des Sauerstoffs anderseits in Beziehung zu bringen ist. [1])

1) Anm. Wir haben uns darauf beschränkt, im Vorliegenden nur das electrische Verhalten des electrolytisch entwickelten, activen Chlors und Wasserstoffs zu untersuchen. Die frühere Literatur über diesen Gegenstand findet sich in Wiedemann, Galvanismus Bd. I. Die Untersuchungen über die chemischen Eigenschaften des vom Licht bestrahlten Chlors, welche mit den von uns beobachteten in nahem Zusammenhang stehen, sind so bekannt, dass wir glaubten, von einer specielleren Aufzählung derselben absehen zu können.

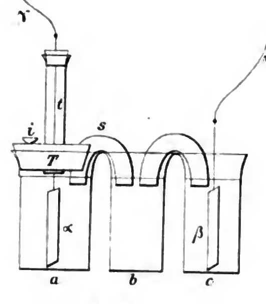


Fig.ª 1.

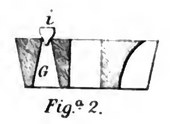
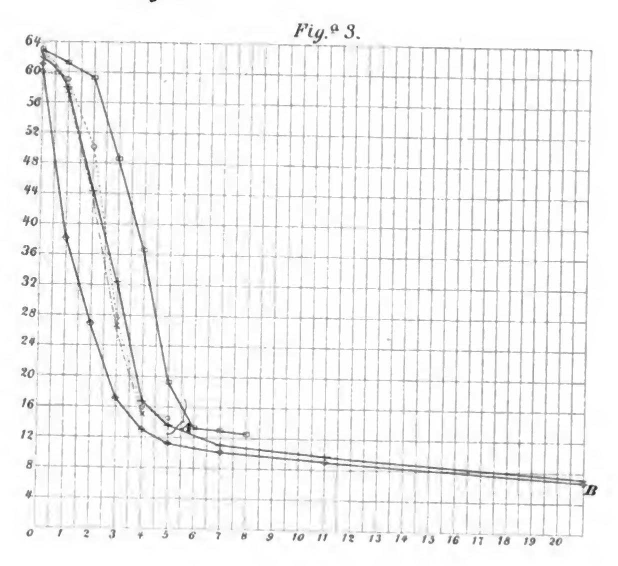


Fig.ª 2.

Fig.ª 3.



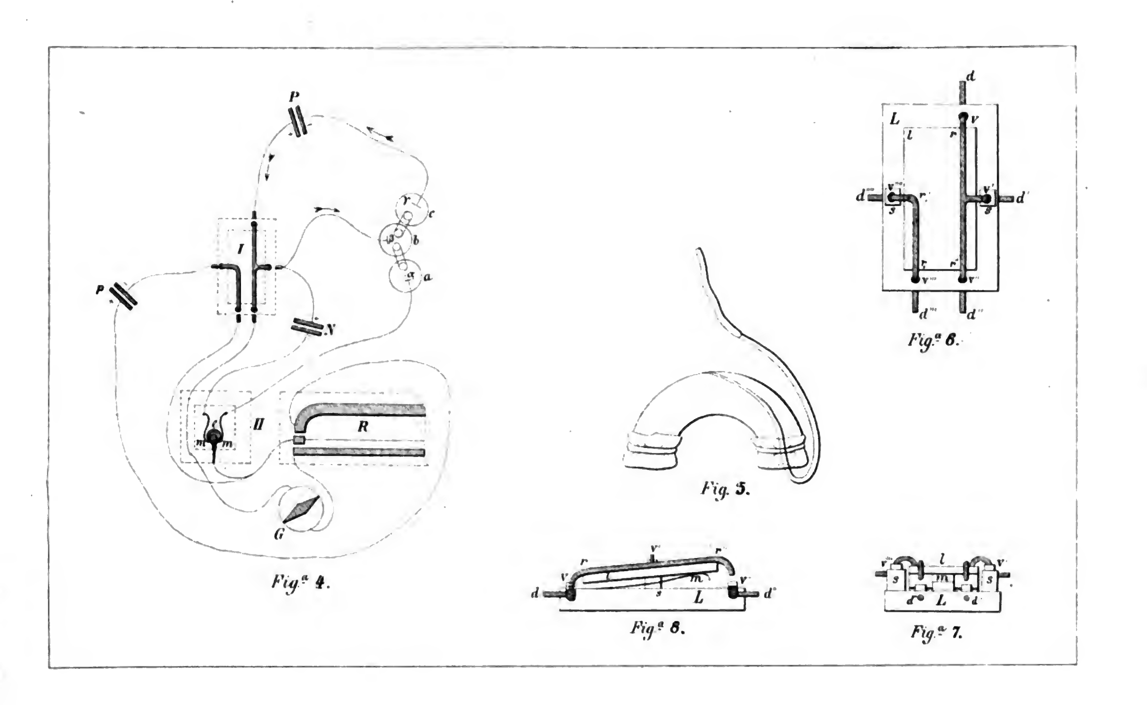


Fig.a 4.

Fig. 5.

Fig.a 6.

Fig.a 8.

Fig.a 7.

Fig.a 8.

Fig.a 10.

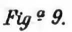
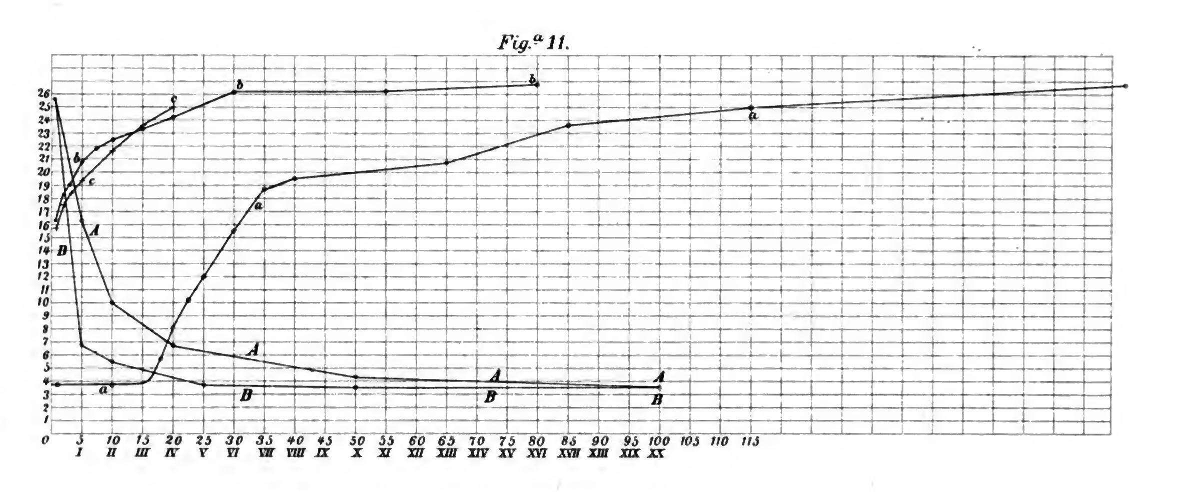


Fig.a 9.

Fig.ª 11.



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII XIII XIV XV XVI XVII XIII XIX XX
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
A
B
a
b
c

Dr. Eilhard Wiedemann in Leipzig. *Ueber das von übermangansaurem Kali reflectirte Licht.* Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *G. Wiedemann.*

Herr Stokes[1] hat beobachtet, dass in dem Spectrum des von festem übermangansaurem Kali reflectirten Lichtes dunkle Streifen auftreten, und dass diese Streifen bei einem bestimmten Einfallswinkel sich am deutlichsten zeigen. Ferner sollten die Minima der Helligkeit im Spectrum des reflectirten Lichtes den von übermangansaurem Kali am stärksten durchgelassenen Strahlengattungen entsprechen.

Ich habe diesen Gegenstand weiter verfolgt und neben dem an der Grenze von übermangansaurem Kali und Luft reflectirten Licht auch das an der Grenze von Benzin, Schwefelkohlenstoff und einem Gemisch der beiden Körper und des obigen Salzes reflectirte Licht untersucht. Ausserdem wurde auch die Polarisation des auffallenden Lichtes berücksichtigt. Zur Herstellung der spiegelnden Flächen wurden zerriebene Krystalle des Salzes auf mattgeschliffene Glasplatten vermittelst eines Achatreibers aufpolirt. Man war dadurch sicher, reine und noch nicht mit Oxyd bedeckte Oberflächen zur Untersuchung zu benutzen, was bei Anwendung von ganzen Krystallen nicht der Fall ist. Die so vorgerichtete Glasplatte wurde in ein rechtwinkliges Hohlprisma, das mit den verschiedenen Flüssigkeiten angefüllt wer-

---

1) Phil. Mag. 1853 Vol. VI p. 393.
Pogg. Ann. 1854 Bd. 91 p. 300.

den konnte, so eingesetzt, dass ihre mit dem Salz bedeckte Fläche der Kante am rechten Winkel zugewendet war. Das Prisma wurde auf einen drehbaren, in Grade getheilten, kreisförmigen Tisch gestellt, und directes Sonnenlicht so auf die eine Kathetenfläche geworfen, dass das an derselben gebrochene Licht auf die belegte Glasplatte auffiel und durch Reflection aus der anderen Kathetenfläche austrat. Von da gelangte es auf den Spalt eines Spectralapparates. Der Einfallswinkel der belegten Glasplatte wurde dadurch bestimmt, dass man das Licht von der ersten Prismenfläche in seiner eigenen Richtung zurückreflectiren liess. Man las dann die Stellung des Tisches ab. Die Drehung des Tisches mit dem Prisma giebt unmittelbar den Einfallswinkel an der ersten Fläche. Aus diesem Winkel und dem Winkel zwischen der belegten Glasplatte und der ersten Prismenfläche und dem Brechungsexponenten des das übermangansaure Kali berührenden Mediums lässt sich dann der Einfallswinkel an ersterer finden.

Die Lage der Streifen im Spectrum wurde vermittelst einer an dem Spectralapparat angebrachten photographirten Scala bestimmt, nachdem vorher das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohrs auf die Mitte des dunklen Streifens eingestellt war.

In der folgenden Tabelle I sind die Lagen der Streifen bei ziemlich grossen Einfallswinkeln (s. w. u.) angegeben. Die Columnen unter A beziehen sich auf die Streifen in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Licht, die unter B auf die in dem senkrecht zu der Einfallsebene polarisirten. Die erste Verticalcolumne giebt die Namen der umgebenden Medien. Die Tabelle II giebt die Lagen der Absorptionsstreifen im durchgehenden Licht. Es entsprechen die Fraunhofer'schen Linien den Strichen der photographirten Scala wie folgt:

$$D = 0, \ E = 18, \ b = 21, \ F = 33.$$

Tabelle I.

	A						B						
Luft	7	14	22	28½			3½	9½	16½	24	32	38½	
Benzin	7¾	15	23¼	30	37		3½	9½	16½	24	32	38	
Gemisch von Benzin u. Schwefelkohlenstoff	8½	15½	23½	31½	38½	45	4	9¼	16½	24¼	32	39	45½
Schwefelkohlenstoff	8½	16	24½	32	39½	47	3½	9¼	16½	24½	32	39½	47

Tabelle II.

$4\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{4}$	$18\frac{1}{2}$	$26\frac{1}{4}$	$33\frac{1}{4}$

Diese Zahlen zeigen:

1. Dass bei grossen Einfallswinkeln die Streifen in dem senkrecht zu der Einfallsebene polarisirten Licht gegen die in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Licht gegen das Blau hin verschoben sind, und dass in ersterem ein Streifen mehr in der Nähe von D auftritt.

2. Dass mit der Zunahme des Brechungsindex des umgebenden Mediums die Streifen in dem parallel zu der Einfallsebene polarisirten Licht Verschiebungen gegen des Blau hin erleiden, dass dagegen in dem senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Licht die Streifen unverändert ihre Lage beibehalten, oder sie doch nur wenig ändern. Die Beobachtung der Streifen im Blau jenseits F ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, wie überhaupt die ganze Untersuchung durch die Breite der Streifen und die Unmöglichkeit, vollkommene reflectirende Flächen herzustellen, sehr erschwert wird.

Eine Vergleichung der im durchgegangenen und reflectirten Licht enthaltenen Streifen zeigt, dass nie zwei solche Streifen sich decken, dass aber auch nicht erstere je in der Mitte zwischen zweien der letzteren liegen.

Für die Aenderung der Lage der Streifen mit dem Einfallswinkel hat sich ergeben, dass in dem parallel zu der Einfallsebene polarisirten Licht und ebenso in dem natürlichen die Lage der Streifen so gut wie unabhängig vom Einfallswinkel war. In dem senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Licht haben dagegen die Streifen bis zu einem bestimmten Einfallswinkel, der für

Luft	Benzin	Schwefelkohlenstoff
$58\frac{1}{2}°$	etwa 52°	etwa 52°

betrug, dieselbe Lage wie in dem parallel zur Einfallsebene polarisirten Licht und erleiden dann bei einer kleinen Aenderung des Einfallswinkels plötzlich eine Verschiebung, die sich besonders durch das Auftreten des in der ersten Verticalcolumne unter B verzeichneten Streifens kennzeichnet. Für Winkel, die grösser als die angegebenen sind, gelten demnach die obigen Tabellen.

Ganz die nämlichen Erscheinungen, wie an dem aufpolirten Salz, kann man an Krystallen beobachten. Ebenso zeigen sie

sich an übermangansaurem Ammoniak, doch waren hier bisher wegen der grossen Zersetzbarkeit des Salzes Messungen unmöglich.

Die obigen Beobachtungen wurden auf jede mögliche Weise verificirt. So wurde z. B. die Abhängigkeit der Lage der Streifen von dem Brechungsexponenten dadurch wiederholt festgestellt, dass man Benzin und Schwefelkohlenstoff übereinander schichtete, eine Glasplatte mit aufpolirtem übermangansaurem Kali eintauchte und unmittelbar die Spectren des an der Grenze beider Medien von dem übermangansauren Kali reflectirten Lichtes verglich. Die Streifen im Spectrum des durch den Schwefelkohlenstoff gegangenen Lichts waren gegen die Streifen im Spectrum des durch das Benzin gegangenen Lichtes nach dem Blau hin verschoben.

G. Wiedemann. *Ueber die Bindungsverhältnisse der Basen und Säuren.*

Die schon von Berthollet behandelte Frage, in welcher Weise ein in Wasser gelöster Körper, z. B. eine Basis, sich zwischen zweien anderen Körpern, die gleichzeitig in dem Wasser gelöst sind und zu dem ersteren eine chemische Verwandtschaft zeigen, z. B. zwischen zweien Säuren, theile und mit denselben in bestimmten Verhältnissen Verbindungen bilde, ist in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der genaueren Untersuchung gewesen. Den früheren Forschungen in diesem Gebiete stellen sich indess grosse Bedenken entgegen, da jeder Versuch, die eine oder andere der gebildeten Verbindungen aus der Lösung abzuscheiden, durch die Veränderung ihrer Zusammensetzung neue Gleichgewichtsbedingungen zwischen den nunmehr noch gelösten Körpern hervorruft, und somit der Process der Umsetzung sich noch während der versuchten Messung fortsetzt. Dies tritt z. B. ein, wenn man die Theilung der Salpetersäure zwischen den beiden Basen Kali und Ammoniak durch Hinzufügung eines Aequivalentes Kali zu einem Aequivalent salpetersaurem Ammoniak und Abdestilliren des freiwerdenden Ammoniaks zu bestimmen versucht, oder wenn bei Zusatz eines Aequivalentes Schwefelsäure zu der Lösung von einem Aequivalent salpetersaurem Baryt das eine der gebildeten Salze, also hier der schwefelsaure Baryt, aus der Lösung ausfällt. In ähnlicher Weise kann der Zusatz eines gegen die gebildeten Verbindungen scheinbar chemisch indifferenten Körpers zu der Lösung, durch welchen nur die Löslichkeit der einen derselben verändert wird, auf die Reinheit der Resultate einen wesentlichen Einfluss ausüben, so z. B. der Zusatz von

Alcohol zu einer mit Schwefelsäure versetzten Lösung von salpetersaurem Kali, wobei schwefelsaures Kali niederfällt.

Man hat sich deshalb in neuester Zeit mit Recht bemüht, ohne derartige Eingriffe das Verhältniss der verschiedenen gebildeten Verbindungen zu bestimmen und sich dabei namentlich der Messung der bei den betreffenden Umsetzungen stattfindenden Wärmeänderungen zugewendet. Vorzüglich die Arbeiten von J. Thomsen[1] sind in dieser Beziehung von grosser Bedeutung. Indess bieten doch auch diese Untersuchungen bei aller Genauigkeit der denselben zu Grunde liegenden Beobachtungen ganz besondere Schwierigkeiten dar.

Bezeichnet man z. B. mit Thomsen die Wärmeentwickelung bei dem Zusammentreffen von y Aequivalenten einer Substanz A mit z Aequivalenten einer Substanz B mit (y A, z B.) und werden z. B. beim Vermischen einer Lösung von 1 Aequivalent schwefelsaurem Natron mit 1 Aequivalent Salpetersäure x Aeq. salpetersaures Natron gebildet, so ist der hiebei stattfindende Wärmeprocess[2])

$$(NaO\,SO_3\,Aq,\ N_2\,O_5\,Aq) = x\,[(NaO\,Aq,\ N_2\,O_5\,Aq) - (NaO\,Aq,\ SO_3\,Aq)] + (x\,NaO\,N_2\,O_5\,Aq,\ (1-x)\,N_2\,O_5\,Aq) + (1-x)\,Na\,O\,SO_3\,Aq,\ x\,SO_3\,Aq)$$

wo das Zeichen Aq die Lösung der Substanzen in einer grossen Menge Wasser angiebt. Die Werthe auf der linken Seite der Gleichung, sowie die beiden ersten auf der rechten, hat Thomsen durch directe Versuche gleich — 1752, 15689 und 13617 Wärmeeinheiten bestimmt. Den dritten Werth rechts kann man fast vernachlässigen (er ist kleiner als 35); zur Bestimmung des vierten Werthes war aber eine Reihe von Beobachtungen erforderlich, bei denen nach einander $\frac{1}{4}$ bis 4 Aeq Schwefelsäure mit 1 Aeq. schwefelsaurem Natron zusammen gebracht wurden und die für je ein Aequivalent Schwefelsäure entwickelte Wärme von — 396 bis 1341 variirte. Durch Probiren sucht nun Thomsen den Werth x, welcher unter Einsetzung des entsprechenden Werthes des letzten Gliedes der Gleichung am besten genügt. Hiernach wäre $x = \frac{2}{3}$; und das Natron theilte sich zwischen der Salpetersäure und Schwefelsäure im Verhältniss der sogenannten

---

1) J. Thomsen. Pogg. Ann. Bd. CXXXVIII S. 65. 1869.

2) Wir behalten hier die Schreibweise von Thomsen in Aequivalenten bei.

Aviditäten beider Säuren, welche sich wie $\frac{1}{3} : \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$ verhielten. — Die Genauigkeit des Werthes x richtet sich zuerst nach der Genauigkeit der in dem ersten Gliede rechts enthaltenen Werthe. Je geringer ihre Differenz ist, desto grösseren Einfluss müssen Beobachtungsfehler in den beiden von einander zu subtrahirenden Werthen haben. Endlich bedarf es zur Bestimmung des Werthes des vierten Gliedes rechts einer ganzen Reihe von Beobachtungen, aus denen durch Interpolation der geeignetste Werth zu suchen ist, so dass sich hiedurch gleichfalls die Fehlerquellen häufen und jede einzelne Aviditätsbestimmung äusserst mühevoll wird.

Abgesehen von diesen Schwierigkeiten bieten obige Versuche noch insofern etwas complicirtere Erscheinungen dar, als bei denselben in der That nicht nur die Wechselwirkung dreier chemisch auf einander wirkender Stoffe, der beiden Säuren und der Basis, studirt wird, sondern auch die chemische Anziehung des Lösungsmittels, des Wassers, auf die verschiedenen Körper in Betracht kommt, welche nur dann in den Hintergrund treten dürfte, wenn, wie in den meisten von Thomsen studirten Fällen, die chemischen Anziehungen der in demselben gelösten Stoffe gegeneinander sehr bedeutend sind.[1]

Einfacher gestalten sich die Bedingungen, wenn man wirklich nur drei gegeneinander reagirende Körper zusammenbringt, z. B. eine Säure, eine Basis und Wasser, von denen die ersteren so gewählt werden müssen, dass ihre gegenseitige Anziehung gegen die des Wassers auf die Säure einerseits und die Basis anderseits nicht als unendlich gross anzusehen ist. In diesem Fall kann eine theilweise Dissociation des aus der Säure und Basis zusammengesetzten Salzes eintreten. So ist schon lange bekannt, dass viele Eisenoxydsalze, namentlich bei höheren Temperaturen, in ihren wässrigen Lösungen theilweise dissociirt sind. Durch Dialyse lässt sich dann die Säure und das noch unzersetzte Salz von dem im Dialysator zurückbleibenden Eisenoxyd trennen und letzteres in colloider Form gelöst erhalten. — In ähnlicher Weise hat Graham gezeigt, dass die beiden näheren Bestandtheile des

1) So hat Berthelot (Compt rend. T. LXXV p. 538) darauf aufmerksam gemacht, dass in dem oben citirten Beispiel bei verschieden starker Verdünnung sich verschiedene Mengen von doppelt schwefelsaurem Natron bilden und so die berechnete Avidität nicht constant bleiben würde.

Alauns, schwefelsaures Kali und schwefelsaure Thonerde, in eine grössere Menge reinen Wassers verschieden schnell diffundiren, ein Beweis, dass in der Lösung die beiden Salze nicht mehr mit einander verbunden waren. Analoge Erscheinungen zeigte auch das saure schwefelsaure Kali u. s. f.

Diese Versuche ergeben indess nicht ohne Weiteres die quantitativen Verhältnisse der dissociirten Stoffe, da sich während der Diffusion die Zusammensetzung der untersuchten Lösung ändert und dadurch immer neue Gleichgewichtsbedingungen hervortreten.

An einem ähnlichen Uebelstand leidet die Anwendung der übrigen, schon oben bei der Wechselwirkung dreier in Wasser gelöster Stoffe erwähnten Hülfsmittel, durch welche man den einen oder den anderen der bei der Dissociation frei werdenden Stoffe auszuscheiden sich bemüht.

In dieser Weise hat Herr Krecke[1] die Dissociationserscheinungen wässriger Lösungen von Eisenchlorid von verschiedener Concentration ($\frac{1}{2}$ und 1 % Gehalt an Chlorid) bestimmt, indem er sie auf verschiedene Temperaturen erwärmte und sodann das dissociirte Eisenoxyd durch Zusatz von wenig Chlornatriumlösung niederschlug. Da während des Niederfallens das Verhältniss der Menge der in der Lösung enthaltenen freien Säure zu der Menge des darin enthaltenen freien Eisenoxydes wächst, kann sich möglicher Weise während jenes Processes ein Theil des vorher dissociirten Eisenoxyds wiederum mit der Schwefelsäure verbinden und so die aus dem Niederschlage berechnete Quantität des dissociirten Eisenoxyds kleiner sein, als in der Lösung selbst. Die Resultate dieser sorgfältigen Arbeit sind also wohl mehr geeignet, den Gang der Erscheinung unter verschiedenen Bedingungen im Allgemeinen darzulegen, als die genaueren quantitativen Verhältnisse derselben festzustellen.

Es bleiben also wiederum als einzig sichere die physikalischen Methoden zur Bestimmung des Verhältnisses der dissociirten Bestandtheile übrig und unter diesen namentlich die Messung der Wärmeerscheinungen, deren Schwierigkeiten wir schon oben erwähnt haben. Dieselben steigern sich noch mehr, wenn, wie bei den Dissociationen der Eisenoxydsalze nur schwache Anzie-

1) Krecke, Kolbe's Journ. Bd. III S. 286 1871.

bungskräfte und somit nur sehr geringe Wärmeänderungen auftreten. [1])

Es dürfte hiernach angezeigt erscheinen, nicht die physikalischen Erscheinungen während der Bildung der Verbindungen in der Lösung, sondern viel mehr die Eigenschaften nach Vollendung der chemischen Processe, und zwar ohne jeden sonstigen chemischen oder physikalischen Eingriff in die völlig unveränderte Lösung zur Bestimmung der relativen Mengen der einzelnen Bestandtheile zu verwenden. Freilich sind nur wenige physikalische Eigenschaften für die einzelnen Körper so charakteristisch, dass dadurch nicht nur ihre Existenz nachgewiesen, sondern auch ihre Quantität gemessen werden kann. Ausser einigen optischen Methoden, auf deren Anwendbarkeit näher einzugehen ich mir für eine andere Gelegenheit vorbehalten möchte, [2]) und deren Benutzung eine grössere Anzahl von umständlichen Voruntersuchungen nöthig macht, bietet sich für die Erscheinungen an den Salzen der magnetischen Metalle, vorzüglich des Eisens, in der Bestimmung ihres magnetischen Verhaltens ein sehr bequemes und sicheres Hilfsmittel zum Studium ihrer Zersetzung in wässrigen Lösungen dar. Namentlich um zunächst die Anwendbarkeit der Methode darzulegen, werde ich mir erlauben, im Folgenden meine ersten Beobachtungsreihen über diesen Gegenstand mitzutheilen.

Schon früher hatte ich gezeigt, dass der Magnetismus einer Lösung eines magnetischen Salzes in Wasser sich aus der Summe der Magnetismen des Wassers und des gelösten Salzes zusammensetzt, und somit der letztere der in der Volumeneinheit der Lösung enthaltenen Salzmenge proportional ist. Dividirt man also den Magnetismus eines bestimmten Volumens einer Salzlösung nach Abzug des (negativen) Magnetismus des Lösungsmittels durch das Gewicht des gelösten Salzes, so erhält man den Magnetismus der Gewichtseinheit desselben und bei Multiplication dieses Werthes mit dem Moleculargewicht des Salzes den Molecularmagnetismus desselben. Es hatte sich ferner ergeben,

---

1) Vgl. Berthelot Compt rend. T. LXXIV p. 48 1872.

2) Vgl. auch die auf chromometrische Messungen begründete, noch nicht vollständig erschienene Arbeit von A. Müller. Studien über Affinität in Eisenchloridlösungen uf. Pogg. Ann. Ergänzungsband VI. S. 123. 1873.

von der Endfläche des Magnets gebracht, welcher dem Nullpunkt der Scala entspricht, die in dem am Torsionsapparat befestigten Spiegel beobachtet wird, und wird darauf der magnetisirende Strom geöffnet, so entfernt sich das Kölbchen vom Magnet, indem der Aufhängedrath sich detordirt. Die gleichfalls durch die Spiegelablesung bestimmte Drehung der Drehwage hiebei sei T. Dann giebt $q = \text{const.} \frac{T}{M_1^2}$ das magnetische Moment des Glaskölbchens mit seinem Inhalt für den Magnetismus Eins des Electromagnetes an.

I. Colloides Eisenoxyd. Verschieden verdünnte Lösungen von Eisenchlorid.

Zunächst war es nöthig, wiederholt möglichst genau das Verhältniss der Magnetismen aequivalenter Mengen des colloiden Eisenoxyds und des mit Säuren verbundenen Eisenoxyds zu bestimmen. Da das colloide Eisenoxyd nur in geringen Mengen in Wasser gelöst erhalten werden kann, wurde hiezu ein indirecter Weg eingeschlagen. Zuerst wurde der Magnetismus verschieden concentrirter, neutraler und auch stark mit Chlorwasserstoffsäure versetzter Lösungen von krystallisirtem, sublimirtem Eisenchlorid bestimmt. Die hiebei erhaltenen Resultate sind die folgenden:

Lösung 1 enthält nach der Analyse in 10 Cub. Cent. 1,606 Grm. Eisen; die mit 2 bis 7 u. s. f. bezeichneten Lösungen wurden aus Lösung 1 durch Verdünnen einer gewogenen Menge derselben mit verschiedenen Gewichtsmengen Wasser dargestellt. Es konnte sodann aus dem Gewicht von 10 Cub. Cent. der verdünnten Lösung die in letzteren enthaltene Menge Eisen berechnet werden. Die mit (H Cl) bezeichnete Lösung ist aus Lösung 1 durch Verdünnen mit einem nahezu gleichen Volumen concentrirter Chlorwasserstoffsäure dargestellt. Die als Normallösung bezeichnete Flüssigkeit ist eine ganz farblose Lösung von salpetersaurem Eisenoxyd mit einem sehr grossen Ueberschuss von Salpetersäure, welche in 10 Cub. Cent. 0,2919 Grm. Eisen enthält. Der Magnetismus eines Grammes Eisen in dieser Lösung ist bei den folgenden Berechnungen gleich Eins gesetzt.

Mittelst des oben erwähnten Torsionsapparates ergaben sich folgende Beobachtungswerthe:

Eisenchlorid Reihe I.

		M	M_I	T	q
Wasser		233	115	—4,8	—36,2
		452	211,5	—15,5	— 34,6
Eisenchlorid	7.	452	211,9	27	60,6
	6.	233,5	115,2	20,5	154,5
		451	211,1	68,7	155,5
	5.	450,5	210,7	108,8	247,6
		232	114,5	32,5	247,9
	4.	231,8	114,4	72,5	554,3
		447	209,6	239,5	549,3
Normallösung		445	208,5	171,5	397,4
		231,5	114,2	51,3	393,3
Eisenchlorid	(H Cl)	440	206,4	149	1169
		159,5	79,2	74,5	1177
	3.	158,5	78,7	71,5	1144
		227,5	112,3	142,5	1131
	2.	226	111,5	220	1776
		156,5	77,7	108	1772
	1.	156,5	77,7	140,5	2303
		226	111,5	291,2	2343

Eisenchlorid Reihe II.

		M	M_I	T	q
Eisenchlorid	(1)	233,5	115,2	290	2185
		160,8	79,9	142	2204
	(2)	162	80,5	105,5	1613
		232,5	114,7	212,5	1615
	(3)	233	115	143,3	1083
		160	79,5	69,5	1074
	(H Cl)	161	80,2	71,3	1109
		233	115	142,5	1077
Normallösung		234	115,5	50	374,8
		162	80,5	24,5	374,4
		472	220,1	208	374,5
Eisenchlorid	(6)	483	224,5	273,1	148,4
		235,2	117,6	20	146,1

Bezeichnet $q—q_w = d$ die Differenz der für jede einzelne Lösung erhaltenen Mittelwerthe für q und des entsprechenden Mittelwerthes q_w für Wasser, so ist d der Magnetismus des in der Lösung enthaltenen Eisensalzes. Ist ferner f die Gewichts-

menge des in 10 Cub. Cent. der Lösung enthaltenen Eisens und $m = \text{const.} \frac{d}{f}$, so ergeben sich aus den vorhergehenden Beobachtungen folgende Resultate.

	Reihe I.			Reihe II.		
	f	d	m	d	m	m (Mittel)
Eisenchlorid (1)	1,606	2358	99,6	2227	99,3	99,5
(2)	1,207	1806	101,7	1647	97,9	99,8
(3)	0,806	1172	98,7	1111	98,7	98,7
(4)	0,404	587	98,3	—	—	98,1
(5)	0,202	282	94,8	—	—	97,8
(6)	0,138	190	93,1	179	92,8	93,0
(7)	0,071	95	91,3	—	—	91,3
(H Cl)	0,803	1208	102,1	1120	100	101,0
Normallösung	0,292	430	100	408	100	100

Eine Lösung von Eisenoxydhydrat in Chlorwasserstoffsäure, welche auf 100 Aeq. Eisenoxyd 96 . 9 Aeq. Chlorwasserstoffsäure[1]) enthielt, ergab bei verschiedenen Verdünnungen folgende Resultate:

Eisenchlorid Reihe III.

	M	M_I	T	q
Eisenchlorid (*a*)	440	210,5	24,7	54,3
(*b*)	228,5	112,7	20,2	159,2
	439,5	210	73	160,8
(*c*)	439	209,8	113	249,4
	228,5	112,7	32,2	253,7
(*d*)	227,5	112,8	70,5	361
	437,5	209,1	252	360
(*e*)	227	112,0	149	1188
	182	90,2	96	1180
(*f*)	182,5	90,4	150	1835
	226	111,5	228,3	1795
(*g*)	182	90,2	200,5	2464
	225	111,2	303,5	2454
Wasser	441	210,8	—17,5	—39
	438,5	209,6	—17,2	—39
Normallösung	225	111	56	454
	440	210,3	208,5	459

1) Der Einfachheit des Ausdrucks halber nehmen wir im Folgenden an, dass das Eisenchlorid auf 1 Aeq. Eisen ($fe = \frac{2}{3} . 28 = 18,67.$) ein Aeq. Chlor ($Cl = 35,5$) enthält, also zur Sättigung von 1 Aeq. Eisenoxyd 1 Aeq. Chlorwasserstoffsäure etc. erforderlich ist.

Aus diesen Beobachtungen folgt:

	f	d	m
Eisenchlorid (a)	0,062	94	88,9
(b)	0,129	199	90,9
(c)	0,184	291	92,6
(d)	0,375	600	93,8
(e)	0,747	1224	96,1
(f)	1,119	1854	97,2
(g)	1,491	2498	98,2
Normallösung	0,292	498	100

Aehnliche Resultate ergeben andere Beobachtungsreihen. Innerhalb grösserer Concentrationen der Lösungen bleibt also der Atommagnetismus des Eisens im Eisenchlorid nahezu constant. Erst bei bedeutenderen Verdünnungen tritt eine Verminderung desselben ein, die eine allmähliche Dissociation anzeigt. Verdünnt man innerhalb der Grenzen, in welchen diese Veränderung noch nicht merklich ist, statt mit Wasser, mit einem entsprechenden Volumen Chlorwasserstoffsäure, so tritt eine nur geringe Vermehrung des Atommagnetismus ein (vgl. Reihe I). Da die verdünnte Chlorwasserstoffsäure, wie die Versuche ergeben, fast genau denselben Diamagnetismus, wie das reine Wasser zeigt, so kann diese Vermehrung nur davon herrühren, dass in den concentrirten Lösungen ein kleiner Theil von Eisenoxyd im Ueberschuss neben dem Eisenchlorid enthalten ist.

Es wurde ferner eine Lösung von krystallisirtem Eisenchlorid mit frisch gefälltem Eisenoxydhydrat geschüttelt, bis sich eine bedeutendere Menge des letzteren aufgelöst hatte. Der Gehalt an Eisen in der filtrirten Lösung wurde durch Fällen mit Ammoniak, der Gehalt an Chlor mittelst Fällung durch salpetersaures Silberoxyd bestimmt. Hienach enthielten 10 Cub. Cent. der Lösung 0,643 grm. Eisen und 0,699 grm. Chlor, welche letztere mit 0,368 grm. Eisen zu Eisenchlorid verbunden sind, so dass ausserdem noch 0,275 grm. Eisen in dem colloid gelösten Eisenoxyd in der Lösung enthalten sind.

Der Magnetismus der Lösung ergab sich wie folgt:

	M	M_1	T	q
Eisenchlorid mit Oxyd	269	105,6	55,3	495,8
	268,5	105,3	55,2	497,8
	447	172,2	146	492,5
Normallösung	267,7	105,1	36,8	333,2
	446,5	172,4	97	326,4

Mit Berücksichtigung der früheren Bestimmungen des Magnetismus des Wassers (—0,074 von dem der Normallösung) ergiebt sich hieraus:

	f	q	d	$\frac{d}{f}$
Eisenchlorid mit Oxyd	0,643	495,3	519,9	—
Normallösung	0,292	329,8	354,4	1213
Wasser	—	—24,6	—	—

Der Magnetismus von 0,368 grm. Eisen, die in der Lösung mit Chlor zu Chlorid verbunden sind, ist hienach 1213 . 0,368 = 446,6, also der Magnetismus der 0,275 grm. Eisen in dem darin enthaltenen colloiden Eisenoxyd gleich 519,9 — 446,6 = 73,3. Der Magnetismus von 1 Grm. colloidem Eisenoxyd ist demnach gleich $\frac{73,3}{0,275} = 266,6$. Er ist also gleich **0,2198** von dem Magnetismus der gleichen Menge Eisenoxyd im Eisenchlorid.

Hiemit stimmt auch eine frühere Beobachtungsreihe, [1]) die ich hier der Vollständigkeit halber wiederhole, und nach welcher Lösungen von reinem colloidem Eisenoxyd, Eisenchlorid mit Eisenoxyd und reinem Eisenchlorid von verschiedenem Gehalt nach Abzug des Magnetismus des Wassers folgende Magnetismen zeigten.

	d	f	$\frac{d}{f}$
Colloides Eisenoxyd	7,56	0,204	99,5
Eisenchlorid	68,31	0,394	466,0
Eisenchlorid mit Oxyd	30,07	0,197	410,9

Hienach ist also auch bei directer Vergleichung der Magnetismus der Gewichtseinheit Eisen im colloiden Eisenoxyd nur = **0,214** von dem der Gewichtseinheit Eisen im Chlorid.

Die Lösung von Eisenchlorid mit Eisenoxyd enthielt 0,197 Gramm Eisen, von denen 0,177 Gramm mit Chlor zu Eisenchlorid verbunden und 0,02 Gramm in dem colloid gelösten Oxyd enthalten waren. Der Magnetismus hätte also:

---

1) Pogg. Ann. Bd. CXXXV. S. 1. 1868.

$$\frac{0,02}{0,204}\,7,56 + \frac{0,177}{0,394}\,68,31 = 31,42$$

sein sollen, während er sich zu 30,07 ergab.

Zugleich sind diese Erfahrungen ein Beweis dafür, dass sich der Magnetismus der eisenoxydhaltigen Eisenchloridlösung direct durch Summation aus dem Magnetismus des Eisens im Chlorid und im colloiden Oxyd zusammensetzt, nicht aber in der Lösung basische Salze entstehen, in denen etwa das Eisen einen besonderen Atommagnetismus besitzt.

Es lässt sich wohl mit Sicherheit annehmen, dass analoge Verhältnisse auch bei den Lösungen anderer, sogenannter basischer Eisenoxydsalze eintreten.

Mit Hülfe des Verhältnisses 100 : 21,98 des Magnetismus des verbundenen und freien Eisenoxyds lässt sich aus den Tabellen I bis III nach der S. 376 entwickelten Formel die Menge x des in den verschieden verdünnten Lösungen dissociirten Eisenoxyds in Procenten des ganzen Gehalts an Eisenoxyd bestimmen. Dieselbe beträgt:

Reihe I und II.			Reihe III.		
Eisen in 10 CC der Lösung	x	$1-x$	Eisen in 10 CC der Lösung	x	$1-x$
1,606	—	100	1,491	2,28	97,7
1,207	—	100	1,119	3,61	96,4
0,806	1,6	98,4	0,747	4,99	95,0
0,404	2,4	97,6	0,375	7,94	92,1
0,202	6,6	93,4	0,184	9,47	90,5
0,138	8,9	91,1	0,129	11,58	88,4
0,071	11,7	88,4	0,062	14,21	85,8

Die Differenzen der Zahlenwerthe in den Reihen I und II, sowie III beruhen grössten Theils darauf, dass nach der Analyse in der concentrirtesten Lösung der Reihe III schon 3,1 % des Eisenoxyds colloid gelöst sind.

II. Verschieden verdünnte Lösungen von schwefelsaurem Eisenoxyd und Eisenalaun.

Aehnliche Versuche über den Einfluss der Verdünnung auf die Zersetzung der Eisenoxydsalze wurden auch mit schwefelsaurem Eisenoxyd angestellt. Zur Darstellung der Lösungen wurde Eisenoxydhydrat in Wasser suspendirt und demselben eine dem Oxydhydrat aequivalente Menge Schwefelsäure zugesetzt. Die Analyse ergab, dass die Lösung auf 1 Aeq. Eisenoxyd

0,9963 Aeq. Schwefelsäure enthielt. Bei verschiedenen Verdünnungen zeigte die Lösung folgende Magnetismen:

Reihe IV. Schwelsaures Eisenoxyd.

	M	M_1	T	q
Schwefels. Eisenoxyd (α)	229,5	113,2	93,5	7295
	443,5	211,8	337,8	7314
(β)	442	211,2	242,5	5280
	229	113	67,5	5285
(γ)	228,5	112,7	44	3466
	440	210,3	158,5	3403
(δ)	441	211,8	69	1553
	229	113	19,7	1542
(ε)	228,7	112,8	7,8	6134
	440	210,3	27	6106
Normallösung	445	212,5	212,5	4572
	229,5	113,2	58,8	4587

Aus diesen Beobachtungen, sowie aus der Bestimmung des Gehalts der Lösungen an Eisen folgt:

	f	d	m
Schwefels. Eisenoxyd (α)	0,567	7699	79,8
(β)	0,423	5677	78,8
(γ)	0,285	3829	78,8
(δ)	0.143	1942	80,0
(ε)	0,073	1007	80,7
Normallösung	0,292	4970	100

Bei verschieden verdünnten Lösungen von neutralem schwefelsaurem Eisenoxyd ändert sich also kaum der Magnetismus der Gewichtseinheit Eisen mit der Verdünnung bis etwa auf das 8fache von einem Gehalt von 0,57 bis 0,07 Grm. Eisen in 10 Cub. Cent. der Lösung. Es bleibt also die dissociirte Menge Eisenoxyd nahezu constant und beträgt etwa 25 %, die mit Schwefelsäure verbundene etwa 75 % der Gesammtmenge des Eisenoxyds (s. w. u.).

Ganz ähnliche Resultate ergaben sich bei der Untersuchung von Lösungen von Ammoniakeisenalaun. Die durch Auflösen des festen Salzes in Wasser erhaltene, concentrirte Lösung wurde bis auf das vier- und achtfache mit Wasser verdünnt. Dabei ergab sich:

Reihe V. Ammoniakeisenalaun.

	M	T	q
Normallösung I	230	119,2	2251
Schwefels. Eisenoxyd	230	53,6	1014
Ammoneisenalaun (conc)	229	170	3242
» (¼)	228	34,5	664
» (⅛)	227	12	233
Wasser	228,5	—9,5	—182
Normallösung II	226	115,3	2257

Nach Bestimmung des Gehaltes f der Lösungen an Eisen in 10 Cub. Cent. der Lösung ergiebt sich hieraus

	f	d	m	x
Normallosung	0,2919	2436	8,35	0
Schwefels. Eisenoxyd	0,1767	1196	6,77	24,4
Ammoneisenalaun (conc)	0,5712	3424	6,68	25,6
» (¼)	0,1278	846	6,61	26.7
» (⅛)	0,0639	415	6,45	27,5

In den Lösungen des Ammoniakeisenalauns schreitet die Dissociation also nur wenig mit der Verdünnung fort, wie wir es schon bei den Lösungen des schwefelsauren Eisenoxyds für sich beobachtet haben. Dabei ist die in den Lösungen des ersteren Salzes dissociirte Menge Eisenoxyd nahe dieselbe, wie in den Lösungen des letzteren Salzes. Das in dem Alaun enthaltene Alcalisalz hat also auf die Dissociation in der wässerigen Lösung keinen wesentlichen Einfluss, so dass man wohl zu dem Schlusse berechtigt ist, dass wahrscheinlich der Eisenalaun in seiner Lösung völlig in schwefelsaures Alcali und in schwefelsaures Eisenoxyd zerlegt ist, welches letztere Salz sich dann für sich theilweise dissociirt.

Aehnliche Resultate ergeben sich für die Verbindungen des Eisenoxyds mit anderen Säuren. Namentlich die Verbindungen desselben mit organischen Säuren sind in wässrigen Lösungen bedeutend dissociirt. So sind z. B. in einer Lösung von neutralem essigsaurem Eisenoxyd, die in 10 CC 0,182 Grm. Eisen enthält, nahe an 70 % des Eisenoxyds in colloidem Zustand u. s. f. Ich werde mir erlauben, in einer anderen Mittheilung auf diese Verhältnisse zurückzukommen.

III. Lösungen von schwefelsaurem Eisenoxyd von verschiedenem Gehalt an Säure.

Wie sich durch das magnetische Verhalten die Dissociation

der Eisensalze bei verschiedenen Verdünnungen ihrer Lösungen bestimmen lässt, so kann man auch die Verhältnisse untersuchen, in denen sich das Eisenoxyd mit Säuren verbindet, wenn z. B. 1 Aeq. des ersteren mit verschiedenen Multiplis des entsprechenden Aequivalents der Säure in wässriger Lösung zusammengebracht wird.

Die ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand betrafen das Verhalten des Eisenoxyds gegen Schwefelsäure.

Zu dem Ende wurde frisch gefälltes und mit kaltem Wasser ausgewaschenes Eisenoxydhydrat im Ueberschuss mit verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, so dass sich eine grössere Menge Eisenoxydhydrat, als einem Aequivalent der Säure entspricht, in derselben zu einer tiefbraunen Flüssigkeit löste. Dieselbe blieb längere Zeit stehen, wobei sich noch ein Absatz bildete, und wurde dann filtrirt. Durch Fällen mit Ammoniak einerseits, mit Chlorbaryumlösung anderseits wurde der Gehalt an Eisen und Schwefelsäure bestimmt. Nun wurden nacheinander gewogene kleinere oder grössere Mengen von verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Gehalt zu einer gleichfalls gewogenen Menge der Eisenlösung zugesetzt und die Lösungen nach längerem Stehen auf ihren Magnetismus untersucht. Nach Bestimmung des Gewichtes von je 10 Cub. Cent. der Lösungen konnte der Gehalt an Eisen und Schwefelsäure in diesem Volumen berechnet werden. Unter Beibehaltung der Bezeichnungen der früheren Tabellen ergaben sich hiebei u. A. die folgenden Resultate:

Reihe VI. Schwefelsäure und Eisenoxyd.

		M	M_1	T	q
Schwefels. und Eisenoxyd	I	441	208	66	1513
		234,5	115,7	20,3	1516
	II	233,5	115,2	28	2109
		440	208,4	92,7	2139
	III	439,5	208,1	102,2	2313
		233,5	115,2	31,4	2364
	IV	232,5	114,7	31,7	2410
		439	208	105,8	2459
	V	439	208	103,6	2406
		232,5	114,7	31,7	2411
	VI	233	115	31,6	2391
		438,2	207,6	102,3	2377

		M	M_I	T	q
	VII	439,5	208,2	97,7	2258
		232,8	114,9	30,2	2289
Normallösung		437,8	207,4	180,5	4195
		234	115,5	55,5	4160
Wasser		233	115	—41,8	—363
		439,5	208,1	—15,2	—344

Hieraus berechnen sich die in der folgenden Tabelle angegebenen Werthe. Die Bezeichnungen q, d, f und x haben die früher angegebene Bedeutung. Die Columne W giebt das Gewicht des Wassers, die Columne S das Gewicht der wasserfreien Schwefelsäure in 10 Cub. Cent. der Lösung, $fe:SO_3$ giebt das Verhältniss der Aequivalente des Eisens und der Säure in der Lösung, die Columne $1-x$ die Menge des mit der Säure verbundenen Eisenoxyds in Procenten des gesammten, in der Lösung enthaltenen Eisens, die Columne y endlich die Quotienten von $1-x$ durch die Aequivalente Säure, welche auf ein Aequivalent Eisen in der Lösung enthalten sind, d. h. die mit je einem Aequivalent der Säure in der betreffenden Lösung verbundene Aequivalentmenge des Eisenoxyds.

		W	S	f	d	m
Schwefels. u. Eisenoxyd	I	9,90	0,3144	0,2063	1866	58,6
	II	9,88	0,4337	0,2000	2514	81,1
	III	9,88	0,5322	0,1954	2709	89,5
	IV	9,86	0,6272	0,1911	2775	93,6
	V	9,83	0,7214	0,1867	2725	95,1
	VI	9,81	0,7979	0,1833	2729	96,1
	VII	9,78	0,9546	0,1746	2619	96,3
Normallösung		—	—	0,2919	4522	100,0

woraus folgt

		x	$1-x$	$fe:SO_3$	y
Schwefels. Eisenoxyd	I	52,8	47,2	100 : 75,3	0,62
	II	24,1	75,9	100 : 101,2	0,75
	III	13,5	86,5	100 : 127,1	0,68
	IV	8,2	91,8	100 : 153,1	0,60
	V	6,3	93,7	100 : 180,2	0,52
	VI	4,9	95,1	100 : 203,1	0,47
	VII	4,7	95,3	100 : 255,0	0,37

Reihe VII. Schwefelsäure und Eisenoxyd.

	M	M_I	T	q
Schwefels. u. Eisenoxyd (1)	257,5	126,6	38	2370
(2)	441	206,8	133,8	3134
	235	116	42,3	3143
(3)	234	115,5	47	3523
	443	207,7	151,5	5573
(4)	444	208	169,5	3931
	235	116	52,5	3901
Normallösung	234,5	115,7	52	3922
	443	207,8	166,5	3872
Schwefels. u. Eisenoxyd (5)	442,5	207,4	171,8	4005
	233	115	51,7	3909
(6)	233	115	52,5	3970
	442	207,2	168,7	3941
(7)	440,5	206,5	164	3858
	232	114,5	51,5	3928
(8)	231,3	114,1	50,3	3864
	439,5	206,1	163,5	3864
Normallösung	438	205,8	166,2	3955
	229,5	113,2	50,2	3916
Wasser	435,8	204,7	—14,5	—347

Aus diesen Beobachtungsresultaten leiten sich die folgenden Werthe ab:

	W	S	f	d	m
Schwefels. u. Eisenoxyd (1)	9,83	0,5400	0,3432	2717	54,2
(2)	9,81	0,6177	0,3388	3485	70,4
(3)	9,82	0,7053	0,3340	3895	79,0
(4)	9,79	0,7861	0,3291	4263	88,7
(5)	9,78	0,8551	0,3251	4304	90,5
(6)	9,70	0,9890	0,3149	4302	93,6
(7)	9,69	1,1920	0,3044	4240	95,4
(8)	9,65	1,3790	0,2927	4211	98,5
Normallösung	—	—	0,2919	4263	100,0

woraus folgt:

	x	$1-x$	$fe : SO_3$	y
Schwefels. u. Eisenoxyd (1)	58,7	41,6	100 : 73,4	0,56
(2)	37,9	62,1	100 : 85,1	0,73
(3)	26,9	73,1	100 : 98,6	0,74
(4)	14,5	85,5	100 : 111,5	0,76
(5)	12,2	87,8	100 : 122,8	0,71
(6)	8,3	91,7	100 : 146,6	0,63
(7)	5,9	94,1	100 : 182,8	0,51
(8)	1,9	98,1	100 : 219,6	0,45

Reihe VIII. Schwefelsäure und Eisenoxyd.

		M	M_1	T	q
Schwefels. u. Eisenoxyd	(a)	434,5	210,9	249,6	5618
		227,8	112,4	70,8	5606
	(b)	226,5	111,7	75,2	6144
		434	210,7	269,5	6072
	(c)	433	210,2	304,5	6890
		228	112,5	68	6795
	(d)	226,7	111,8	92,2	7381
		436	211,6	328,5	7331
		432	209,8	321	7290
	(e)	225,7	111,3	95,5	7713
		432	209,8	337,5	7663
	(f)	432,5	210	339	7685
		226,5	111,7	96	7700
	(g)	430	200,9	342,5	7834
		227	112	97,8	7796
	(h)	226	111,5	95,5	7685
		430	208,9	333	7628
	(i)	429,5	208,2	326	7523
		226,7	111,8	94,3	7550
Normallösung		228,5	112,7	57	4545
		435	211,3	206	4616

Aus diesen Beobachtungen lassen sich folgende Werthe ableiten:

		W	S	f	d	m
Schwefels. u. Eisenoxyd	(a)	9,70	0,982	0,603	6007	58,4
	(b)	9,68	1,061	0,589	6503	64,7
	(c)	9,67	1,145	0,577	7287	74,1
	(d)	9,67	1,208	0,566	7729	80,1
	(e)	9,66	1,246	0,560	8083	84,7
	(f)	9,67	1,286	0,554	8087	85,6
	(g)	9,66	1,360	0,540	8210	89,2
	(h)	9,62	1,494	0,515	8051	91,6
	(i)	9,59	1,620	0,494	7931	94,2
Normallösung		—	—	0,292	4975	100,0

woraus folgt:

		x	1—x	$fe : SO_3$	y
Schwefels. u. Eisenoxyd	(a)	53,2	46,8	100 : 75,9	0,62
	(b)	45,2	54,8	100 : 84,0	0,65
	(c)	33,2	66,8	100 : 92,6	0,72
	(d)	25,5	74,5	100 : 99,6	0,75

	x	$1-x$	$fe : SO_3$	y
(e)	19,6	80,4	100 : 103,8	0,77
(f)	18,4	81,6	100 : 108,2	0,75
(g)	13,8	86,2	100 : 117,6	0,71
(h)	10,7	89,3	100 : 135,2	0,66
(i)	7,4	92,6	100 : 153,1	0,60

Die in den Tabellen VI bis VIII aufgeführten Resultate sind auf den beifolgenden Curven, Figur I und II, besonders verzeichnet. In denselben sind als Abscissen die in je 10 Cub. Cent. der Lösungen enthaltenen Mengen Eisen, als Ordinaten auf Fig. I die Werthe $1-x$, auf Fig. II die Werthe y angegeben. Die den Curven beigefügten Zahlen VI bis VIII beziehen sich auf die betreffenden Tabellen.

Aehnliche Resultate, wie bei der Untersuchung des Verhaltens des Eisenoxyds gegen Schwefelsäure, ergaben sich bei dem Zusammenbringen des Eisenoxyds mit anderen Säuren, z. B. Weinsäure. [1])

Die numerischen Werthe in den Tabellen, sowie die beigezeichneten Curven ergeben unmittelbar die folgenden Resultate:

1. Werden zu einer wässrigen Lösung von colloidem Eisenoxyd in wenig Schwefelsäure immer grössere Mengen von

---

1) Ich erlaube mir, hier nur vorläufig die Resultate für weinsaures Eisenoxyd anzuführen, die meist auf keine besondere Genauigkeit Anspruch machen können, da ein Theil des Eisenoxyds durch die Weinsäure schon in kalten Lösungen mit der Zeit zu Oxydul reducirt wird. Die Lösungen enthielten auf 1 Aeq. Eisenoxyd resp. I 1 Aeq., II 2 Aeq., III 3 Aeq., IV 4 Aeq., V 6 Aeq., VI 8 Aeq. Weinsäure, so dass die Lösung I das Salz $C_2 H_2 (OH)_2 (COO fe)_2$ enthielt, wo $fe = 18,67$ ist. Es ergab sich

	M	T	q	d	m	fe	x	$1-x$
I	446,7	93	2049	2290	60,4	0,380	56,8	43,1
II	447,5	96,2	2107	2348	66,9	0,351	49,2	50,8
III	449,5	96	2090	2331	71,5	0,326	43,8	56,2
IV	449	94,8	2067	2308	76,0	0,304	38,6	61,4
V	449	90	1963	2204	82,4	0,268	31,0	69,0
VI	448,5	83	1814	2055	86,1	0,239	26,6	73,4
Normallösung	449	135	2938	3179	100	—	—	—

Es sind also in diesen Lösungen sehr bedeutende Mengen Eisen dissociirt. Die Werthe $1-x$ sind auf beifolgender Fig. I durch die Curve T dargestellt. Als Abscissen sind die Aequivalente Weinsäure gewählt. Ein Aequivalent entspricht dabei der Abscisse 10.

Schwefelsäurehydrat hinzugesetzt, so wächst allmählich die Menge des schwefelsauren Eisenoxyds in der Lösung, während ein Theil des colloiden Eisenoxyds und ein Theil der Schwefelsäure unverbunden daneben bestehen. Selbst wenn die Mengen der Schwefelsäure und des Eisenoxyds gleichen Aequivalenten entsprechen, sind doch nur etwa 75 Procent desselben miteinander verbunden, etwa 25 Procent des Aequivalentes Schwefelsäure und Eisenoxyd aber frei in der Lösung. Beträgt die Schwefelsäuremenge weniger, als einem Aequivalent des gelösten Eisenoxydes entspricht, so steigt die Menge des gebildeten schwefelsauren Eisenoxydes Anfangs etwas schneller, als dem Zuwachs an Schwefelsäure entspricht, dann nähert sich dieselbe allmählich einem Maximum, so dass ein halbes Aequivalent Schwefelsäure, welches neben dem ersten der Lösung beigefügt wird, noch etwa 15%, ein ferneres halbes Aequivalent noch etwa 4% des Aequivalentes Eisenoxyd bindet. Bei Anwendung von etwa 4 Aeq. Schwefelsäure auf 1 Aeq. Eisenoxyd ist nahezu alles Eisenoxyd mit der Schwefelsäure verbunden; das Maximum ist so nahe erreicht, dass die Beobachtungsfehler die Abweichung von demselben verdecken.

2. Mit Veränderung des Wassergehaltes der Lösungen ändert sich ebensowohl bei Anwendung gleicher Aequivalente Eisenoxyd und Schwefelsäure, als auch bei anderen Verhältnissen derselben das Verhältniss des gebildeten schwefelsauren Eisenoxydes einerseits und des freien Eisenoxydes und der freien Schwefelsäure anderseits nicht sehr bedeutend.

Aus diesem Satze folgt direct, wenn man ihn über die Grenzen der Versuche ausdehnen darf, dass, wenn bei Anwendung gleicher Aequivalentmengen Basis und Säure das gebildete Salz, statt wie das schwefelsaure Eisenoxyd löslich, im Gegentheil unlöslich wäre, nach dem Ausfallen des gebildeten Antheils desselben von der verbleibenden Menge freier Basis und Säure sich wiederum nahezu ein gleicher procentischer Antheil zu Salz verbinden würde, wie vorher. Dieser Antheil würde wiederum niederfallen und der Process sich in gleicher Weise fortsetzen, bis alle Basis und Säure sich zu unlöslichem Salz verbunden hätten. In diesem Fall würde sich also, wie schon am Anfang der Abhandlung erwähnt wurde, das ursprüngliche Verhältniss der verbundenen und freien Mengen Säure und Basis nicht direct bestimmen lassen.

3. Bei Anwendung steigender Säuremengen auf 1 Aeq. Eisenoxyd nimmt die Menge der *freien* Säure in der Lösung erst ab, bis die Gesammtmenge der (freien und gebundenen) Säure in der Lösung etwas mehr als 1 Aequivalent beträgt. Bei weiter wachsender Gesammtmenge der Säuren in der Lösung nimmt die Menge der freien Säure zu.

4. Dividirt man entsprechend die bei Anwendung eines Aequivalentes Eisenoxyd gebildeten Mengen des schwefelsauren Eisenoxyds durch die angewendeten Aequivalentmengen der Säure, so ergiebt sich das merkwürdige Resultat, dass *die mit der gleichen Menge (1 Aeq.) der Säure verbundene Menge Eisenoxyd am grössten ist, wenn die Säuremenge in der Lösung etwas mehr als 1 Aequivalent auf 1 Aequivalent Eisenoxyd beträgt.* Bei grösserer Säuremenge ist, wie zu erwarten, die mit 1 Aequivalent Säure verbundene Eisenmenge kleiner. (Bei unendlich viel Säure wäre sie unendlich klein.) Dasselbe Verhältniss tritt aber auch bei geringeren Säuremengen ein, wo man im Gegentheil von vornherein vermuthen sollte, dass bei dem vorhandenen Ueberschuss an Eisenoxyd die Säure sich in höherem Maasse mit demselben sättigen sollte.

Eine strenge mathematische Theorie der vorliegenden Erscheinungen zu geben, ist äusserst schwierig, da wir weder die wirklich stattfindenden Processe, noch die dabei auftretenden Kräfte kennen. Selbst wenn man einmal davon absehen will, dass die Bildung des schwefelsauren Eisenoxyds beim Zusammentreten von Schwefelsäure und gelöstem Eisenoxyd durch den Austausch des Wasserstoffs der Schwefelsäure und des Eisens des Eisenoxydhydrats bedingt sein kann, und die Reactionen nur als eine Wechselwirkung des gelösten Eisenoxyds, des Wassers und des Schwefelsäureanhydrats betrachtet, sind doch auch die Anziehungskräfte dieser drei Stoffe untereinander völlig unbekannt.

Wir könnten versuchen, die Verbindungsverhältnisse im vorliegenden Fall aus der Betrachtung abzuleiten, dass bei dem Endzustand der Lösung die potentielle Energie ein Minimum sein muss, oder, wie man es häufig, wenn auch wenig klar aus-

zudrücken pflegt, dass die chemischen Verwandtschaften möglichst befriedigt sind. Es würden dann die Atome in möglichst stabile Gleichgewichtslagen einander nahe gerückt sein. Dieser Satz würde unmittelbar den anderen Satz zur Folge haben, dass die Verbindungen sich so herstellen müssen, dass die dabei erzeugte Wärmemenge ein Maximum wird. [1] Indess kann dieser Satz doch nicht ohne Weiteres Anwendung finden, da die zusammentretenden Atome mehrere verschiedene stabile Gleichgewichtslagen annehmen können (wie etwa ein Parallelepiped auf einer horizontalen Ebene auf seinen ungleich grossen Flächen verschieden sicher aufgestellt werden kann), bei deren Erreichung je nach der grösseren oder geringeren Stabilität eine grössere oder geringere Wärmemenge erzeugt wird. Die vielen isomeren Verbindungen in der organischen Chemie liefern u. A. hiefür einen Beweis. Auch ist leicht ersichtlich, wenn beispielsweise die Annahme gemacht würde, dass etwa bei den vorliegenden Versuchen die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Wasser eine grössere Wärmemenge erzeugte, als die Verbindung derselben mit dem Eisenoxyd oder des letztern mit Wasser, dass sich nach obigem Satz in der Lösung sämmtliches schwefelsaures Eisenoxyd dissociiren und alle Schwefelsäure mit dem Wasser verbinden müsste, was der Erfahrung widerspricht.

Verlängern wir die die gebildeten Mengen schwefelsaures Eisenoxyd bezeichnenden Curven in tangentialer Richtung gegen den Anfangspunkt hin, so würden sie die Abscissenaxe nicht in letzterem, sondern erst in einem, einer grösseren Säuremenge entsprechenden Punkt schneiden. Da nun für die Säuremenge Null die gebildete Menge schwefelsaures Eisenoxyd jedenfalls auch gleich Null sein muss, so besitzt die Curve einen Inflexionspunkt gegen den Nullpunkt hin; die gebildeten Mengen schwefelsaures Eisenoxyd wachsen erst langsamer, dann schneller, bis sie sich endlich wiederum einem Maximum nähern. Hienach kann die Curve nicht eine Curve zweiten Grades sein; sie muss entweder eine Curve höheren Grades oder eine transscendente Curve sein. [2]

---

1) So würde nach Berthelot (Compt Rend. T. LXXVI. p. 95. 1873) in Lösungen gemischter Salze, wenn dieselben darin theilweise zersetzt sind, sich stets das Salz bilden, dessen Bildung die grösste Wärmemenge erzeugt.

2) Mit dieser Erfahrung scheinen auch die Folgerungen einer Theorie der Affinitätserscheinungen von den Herren Guldberg und Waage (Etudes sur les affinités chimiques, Christiania 1867; im Auszuge von J. Thomsen,

Die Verhältnisse erscheinen also von vornherein ziemlich verwickelt.

Wollte man sich indess eine Vorstellung von dem Verhalten der Schwefelsäure zum Eisenoxyd in der wässerigen Lösung machen, so könnte man dasselbe etwa in folgender Weise auffassen. Könnte man zwei Körper A und B, die zu einander keine merkliche Affinität besitzen, im flüssigen Zustand (also z. B. geschmolzenes Kalium und Natrium) gemischt miteinander mit einem dritten Körper C (z. B. geschmolzenem Jod), der zu A und B verschiedene Affinitäten hat, zusammenbringen, und wären die Verbindungen AC und BC gleichfalls flüssig, so hängen die gebildeten Mengen derselben einmal von den relativen chemischen Affinitäten von A und B gegen C, sodann auch von dem Verhältniss der Atom- oder Gewichtsmengen von A und B ab. Nimmt man in letzterer Beziehung an, dass die gebildeten Mengen von AC und BC den Massen von A und B proportional sind, so hat es keine Schwierigkeit, die Bedingungsgleichungen für die Theilung von C zwischen A und B aufzustellen.[1]

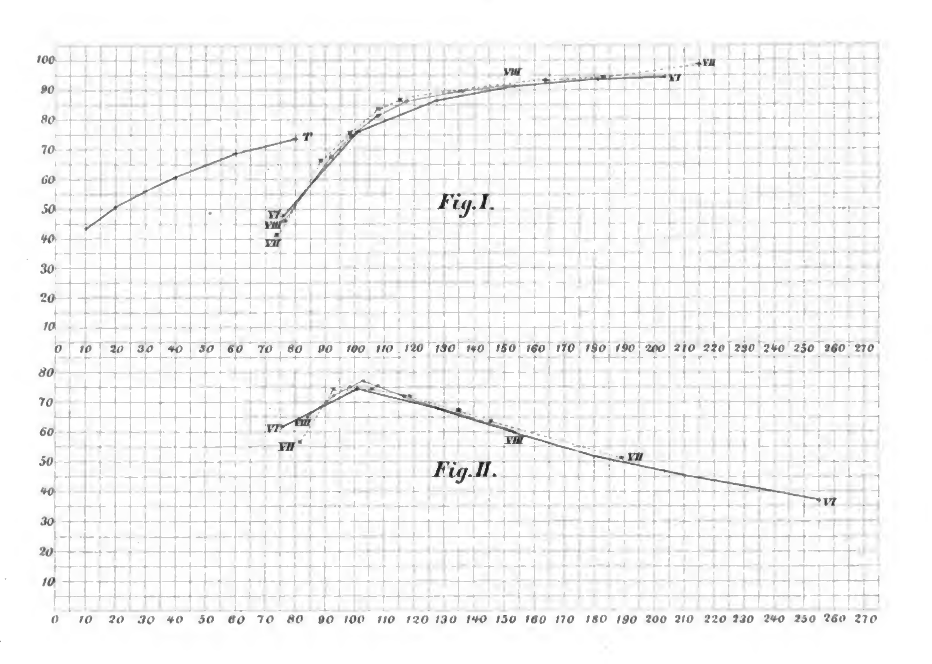
Aehnlich werden sich die Verhältnisse gestalten, wenn zwei Basen, z. B. Kali und Natron in Wasser gelöst sind und zu ihnen eine Säure, z. B. Salpetersäure gebracht wird, vorausgesetzt dass die Affinitäten der Basen zur Säure so bedeutend sind, dass dagegen der Einfluss des Lösungsmittels und des Hydratwassers

Pogg. Ann. Bd. 138 S. 94) nicht ganz übereinzustimmen. Nach letzterer Theorie wäre beim Zusammentreten von 4 Verbindungen A, B, C, D, von denen A und B durch doppelte Umsetzung in C und D übergehen können, die Menge x, welche durch die Umsetzung eines Theils von A und B in die Verbindungen C und D sich umwandelt, von den Mengen α, β, γ, δ der ursprünglich zusammengebrachten Verbindungen durch eine Gleichung abhängig, welche x in der zweiten, α, β, γ, δ in der ersten Potenz enthält. Aendert sich nur die eine dieser Mengen, z. B. α (wie bei unseren Versuchen wesentlich nur die Schwefelsäure), so würde die Beziehung zwischen α und x durch eine Curve zweiten Grades dargestellt werden.

1) Sind die Gewichtsmengen von A und B, welche nach einem bestimmten Zusatz von C noch frei vorhanden sind, gleich α und β, und setzt man von C noch die Menge $d\gamma$ hinzu, so wären jene Gleichungen

$$-d\alpha = k\frac{a\alpha}{a\alpha + b\beta}d\gamma \qquad -d\beta = k_1\frac{b\beta}{a\alpha + b\beta}d\gamma,$$

wo a, b die relativen chemischen Affinitäten von C gegen A und B, k und k_1 die relativen Aequivalentgewichte von A und B gegen C sind.


Fig. I.
Fig. II.

verschwindet. Der chemische Umsetzungsprocess wird in diesen Fällen bei wachsendem Zusatz des Körpers *C* einen Abschluss finden, wenn *A* und *B* völlig mit *C* verbunden sind, also die Menge von *C* den Gesammtmengen von $A + B$ aequivalent ist.

Dürften wir in gleicher Weise den Vorgang beim Hinzubringen von Schwefelsäureanhydrid zu einer Lösung von Eisenoxyd in Wasser auffassen und ist die Anziehung des Wassers gegen die Säure sehr viel bedeutender, als die des Eisenoxyds, so wird sich Anfangs viel schwefelsaures Wasser und wenig schwefelsaures Eisenoxyd bilden. Die Menge des letzteren steigt langsam. Ist allmählich ein grosser Theil des Wassers mit der Säure verbunden, so kann bei gesteigertem Zusatz von Schwefelsäure dieselbe sich mehr und mehr mit dem Eisenoxyd verbinden; die Menge des gebildeten schwefelsauren Eisenoxyds steigt schneller als Anfangs, bis allmählich das Eisenoxyd mehr und mehr mit Schwefelsäure gesättigt ist und die Menge des gebildeten Salzes sich einem Maximum nähert. Diese Betrachtung stimmt im Allgemeinen mit dem wirklichen Gang der Erscheinung völlig überein.

Bei der Mischung der Schwefelsäure mit dem im Wasser gelösten Eisenoxyd können aber zu diesem einfachen Vorgang eine Anzahl besonderer Bedingungen hinzutreten, welche die Verhältnisse compliciren. Abgesehen davon, dass auch das Wasser eine chemische Affinität zum Eisenoxyd besitzt, und dass die Schwefelsäure mit dem Wasser verschiedene feste chemische Verbindungen liefert, kann die reine Massenanziehung des Wassers zum Eisenoxyd, welche freilich wohl nur gering ist, vor Allem aber auch die Massenanziehung des Wassers zur Schwefelsäure, die sich z. B. auch durch die Wärmeerzeugung bei der Mischung ziemlich verdünnter Schwefelsäure mit Wasser kundgiebt, zu den durch eine bestimmte Grenze der Verbindung charakterisirten, chemischen Anziehungen hinzutreten und somit auf die Erscheinungen einen grossen Einfluss ausüben.

Dr. H. Emminghaus, *Ueber die Abhängigkeit der Lymphabsonderung vom Blutstrom.* Aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.* Mit 2 Tafeln in Farbendruck und 1 Holzschnitt.

Die vorliegende Arbeit schliesst sich denjenigen an, welche über dieselbe Absonderung auf Veranlassung des Herrn Professor *Ludwig* unternommen wurden. Wenn es ihr gelingen sollte, die Bildung der Lymphe durch neue Thatsachen aufzuklären, so verdankt sie dieses wesentlich der Wahl des Ortes, an welchem das Auffangen der Lymphe bewirkt wurde.

Gründe für die Wahl der Hinterpfote des Hundes als Beobachtungsobject.

Injectionsversuche vermittelst Einstich hatten, wie aus der Abhandlung *Paschutin's* hervorgeht, die Möglichkeit ansehnliche Lymphstämme vom Ballen der Pfote aus zu füllen, vor Augen gestellt. Derselbe Versuch wurde an den Zehenballen der Hinterextremität wiederholt und es zeigte sich, dass hier die anatomischen Verhältnisse noch günstigere Aussichten für das physiologische Experiment boten. Wenn *Paschutin* sein Beobachtungsfeld, den Arm des Hundes mit Recht geeigneter als den Kopf und Hoden nannte, weil hier wenigstens nur aus Haut und Muskeln grössere Quantitäten Lymphe erhalten wurden, so lag auf der Hand, dass ein Gebiet, welches wie der Fuss des Hundes der Muskeln fast vollständig entbehrt und nicht wie *Paschutin's* Bezirk eine Lymphdrüse mit einschliesst, zu einer weiteren Verfolgung der Frage dann sehr geeignet scheinen musste, wenn das Maass der in der Zeiteinheit ausfliessenden Lymphmenge nicht allzugering ausfiel. Jene von *Paschutin* an seinem Beob-

achtungsbezirk bemerkten anatomischen Fehlerquellen, dass dem Lymphgebiet noch von andern Körpertheilen kleine Zuflüsse erwuchsen (Spinalcanal?), konnten bei dem unserigen bestimmt ausgeschlossen werden. Es mussten nun an die anatomische Erforschung des Lymphgebietes noch zwei Forderungen gestellt werden, von denen der Erfolg abhing; nämlich erstens ob die Lymphgefässe sich an einer Stelle zu einem Stamm sammelten oder ob vorhandene Nebenwege wenigstens sicher abzuschliessen wären, zweitens ob sich in eines dieser Gefässlumina eine Canüle einführen liesse. Die Untersuchung führte zu einem positiven Resultat und man hatte im Fuss des Hundes einen Lymphbezirk, der bestand aus Knochen, Gelenkapparaten, aus Sehnen der Unterschenkelmuskeln, einigen ganz unansehnlichen Zehenmuskeln, aus Haut mit ihren Adnexen und Unterhautbindegewebe sammt Einlagerungen. Der arterielle Zufluss zu diesem Gebiet wurde durch die Femoralarterie besorgt; die Venen, das liess sich voraussagen, mussten sich bei eingehendem Studium ihres Verlaufes und ihrer Anastomosen beherrschen lassen, wenn auch nicht die Möglichkeit eines absoluten Verschlusses vorausgesetzt werden konnte. Desgleichen konnten die Nerven in den Bereich der Hülfsmittel für die Experimente hereingezogen werden. *Ranvier's* Untersuchungen hatten den N. ischiadicus für unsere Beobachtungen gewissermassen schon prädestinirt. An unserem Lymphgebiet liessen sich, abgesehen von der Maschinenbewegung, die hier wegen der dicht über dem Fussgelenk vorzunehmenden Einsetzung der Canüle nicht zulässig war, eine Reihe von Modificationen in den Absonderungsbedingungen anbringen. Man konnte den Lymphausfluss durch mechanische Compression sowohl der Ballen als der Haut und der unter ihr verlaufenden Lymphgefässe hervorrufen und befördern, die Entleerung der Venen durch Massenligatur oder directe Unterbindung erschweren oder hemmen; es konnte Nervendurchschneidung und Reizung des peripherischen Stumpfes vorgenommen werden. Weiterhin lag im Plane der Arbeit und bleibt ferneren Untersuchungen vorbehalten, isolirte Erwärmung und Abkühlung, örtliche Vergiftung der Blutgefässwände mit verschiedenen zu den physiologischen Functionen dieser Häute in Beziehung stehenden Substanzen (Curare, Nicotin, Ergotin, Cyankalium) herzustellen. Auch hatten wir in Aussicht genommen schliesslich noch den Einfluss des leichtesten Grades venöser

Stauung, wie er durch ein längeres Herabhängenlassen der Pfote sich entwickelt, in die Beobachtung hereinzuziehen und es war zu diesem Zweck eine Methode der Messung der venösen Hyperämie der Haut in Aussicht genommen worden. Der Grund, wesshalb diesen Verhältnissen dieses mal nicht nachgegangen worden ist, liegt in der Sache selbst, da Material von der Beschaffenheit, wie sie diese Versuche erheischen, nicht reichlich zu haben ist. Wir werden gleich die nothwendigen Eigenschaften der Versuchsthiere kennen lernen und einsehen, dass dieser Satz richtig ist.

Die Herstellung des Versuchs.

Da es sich in unseren Experimenten sowohl wegen des Verlustes, welchen die Lymphmenge auf ihrem Wege durch Canüle und Ansatzröhren durch Haftenbleiben an den Wänden dieser Stücke als auch behufs der beabsichtigten Bestimmungen des festen Rückstandes der Einzelportionen darum handeln musste, möglichst grosse Quantitäten Flüssigkeit zu gewinnen, so konnten natürlich nur grössere Hunde zur Verwendung kommen, um so mehr als bei ihnen auch ein geeignetes Lumen des Lymphgefässes für die Einsetzung der Canüle zu erwarten stand. Es muss also das Thier gross oder wenigstens mittelgross sein; gut ist es auch, wenn es kräftig gebaut ist, weil dann die Pfoten mehr Volum haben. Auch das Alter ist wichtig, weil junge Hunde, die sich schon durch dickere Pfoten auszeichnen, im Allgemeinen mehr Lymphe geben als alte. Was den Ernährungszustand anlangt, so sind sowohl sehr magere als fette Hunde nicht geeignet. Die Versuche wurden sämmtlich in der Opiumnarkose angestellt. Weil die mit dieser Substanz vergifteten Thiere in Schlaf mit erhöhter Reflexreizbarkeit verfallen, sind die Versuche in einem vom Geräusch entfernten Raume anzustellen. Denn sonst läuft das Experiment Gefahr bei jedem Schritt oder Ton durch eine Zuckung des Thieres vereitelt zu werden. Die zarten Lymphgefässe, in die man einsetzt, vertragen Zerrungen und Rucke nicht. Für unsere Versuche wurden die Hunde in halbe Seitenlage auf die dem zu operirenden Fuss gegenüberliegende Seite gebracht. Nach Fixirung der drei nicht zu benutzenden Extremitäten brachten wir den Versuchsfuss auf ein kleines Bret, welches an einem alle Bewegungen und Fixationen desselben zulassenden Stativ befestigt war. Die Pfote wurde in be-

quemer Lage auf das Bretchen gebracht und dadurch befestigt, dass man einen Stift durch den Nagel der innersten Zehe zog, einen Bindfaden umschlang und diesen in einem Loch des Bretchens festband. Die Pfote lag nun ihre Sohlenfläche nach dem Experimentirenden wendend in halber Beugestellung vor unseren Händen, allenthalben frei ergreifbar. — Der Hautschnitt zur Bloslegung des Lymphgefässes wurde in der Richtung der Vena saphena parva gemacht, die eine leichte Compression im untern Dritttheil der Fibula gut zur Wahrnehmung brachte. Man legte die oberflächliche Fascie frei, durch welche vorsichtig mit Vermeidung jeder Blutung bis zu den neben der Vene liegenden Lymphstämmen vorgedrungen wurde. Diese liegen mit der Vene in einer Bindegewebshülle und um sie besser isoliren zu können, umschlangen wir jederseits von der saphena den Bindegewebswulst in toto. Die anschwellenden Gefässe konnten dann leicht mit stumpfen Nadeln freipräparirt werden. In das grössere von beiden wurde nun dicht unter der Ligatur mit feiner Scheere eingeschnitten. Alsbald stürzte die klare Flüssigkeit hervor und es musste mit einer feinen gebogenen Sonde in den Schlitz eingegangen werden, um ihn zu lüften. Von dieser Sonde geführt wurde dann die Metallcanüle in das Gefäss eingesetzt und festgebunden. Das Kautschukstück fixirte ich an der Haut in der Richtung des Lymphgefässverlaufes, so dass die Lymphe geraden Wegs in die Canüle treten konnte. In dieses Stück der Canüle passte ein knieförmiges Glasröhrchen, in welchem bei einigem Drücken und Bestreichen der Pfote alsbald die Lymphsäule erschien. Dieses Röhrchen, welches in einen kleinen mit durchbohrtem Stöpsel versehenen graduirten Cylinder führte, hängte ich so an dem Stativ des Bretes auf, wie es die in der Flucht des Lymphgefässes fixirte Canüle vorschrieb.

Für das Verständniss der Versuche ist es nothwendig die anatomischen Verhältnisse der Pfote, soweit sie Lymphgefässe, Venen und Nerven betreffen, mitzutheilen. Die Arteria cruralis mit ihren Aesten kann übergangen werden, da wir auf diese Gefässe nur indirect von der Nervenbahn aus einwirkten.

Die Lymphgefässe der Hinterpfote.

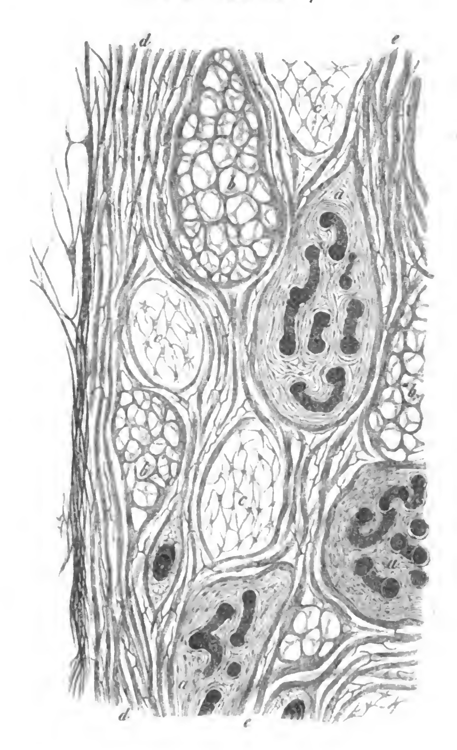
Sticht man die Canüle einer Pravatzspritze in die Zehenoder den Sohlenballen ein und injicirt unter langsamem Druck Berlinerblaulösung, so gewahrt man Aufblähung des Ballens und

wachsenden Druck während des Einspritzens. Die Auftreibung des Ballens lässt sich durch Drücken vermindern, so dass er bald sein früheres Volum wieder erlangt hat. Wird dann die Haut am Fussrücken abpräparirt, so zeigen sich zarte blaugefärbte, über die Sehnen der Zehenstrecker verlaufende Lymphgefässe. Hat man vorher die Extremität am Unterschenkel oder am Knie mit Bindfaden fest umschnürt, so treten die Gefässe um so schöner hervor. Sie laufen, soweit meine Erfahrungen reichen, gewöhnlich neben den kleinen Venen am Fussrücken, mit welchen sie aus den Zwischenzehenräumen hervorkommen Zierliche Klappen theilen die gerade verlaufenden Gefässe in eine Anzahl Abschnitte. In der Mitte des Fussrückens treten sie zusammen, mehrere bilden einen Stamm, andere vereinigen sich bald früher bald später, um sich alsbald wieder in eine Anzahl Zweige zu zerfasern, die erst weiter oben sich wieder vereinigen. So entstehen zahlreiche Inseln. An dem der beigegebenen Taf. I zum Vorwurf dienenden Präparat sind die von der Innenseite der Zehen herkommenden Zweige alle schon in der Mitte des Fussrückens zu einem Stämmchen vereinigt, welches nun selbständig bleibt und weiter keine Anastomosen bildet, während die von der äusseren Seite der Zehen entspringenden nach Bildung vielfacher Anastomosen ihre definitive Sammlung in der Sprunggelenkgegend finden. Somit sind die beiden der Vena saphena parva anliegenden Stämme gebildet, welche nun dieses Gefäss begleiten und über der Kniekehle in eine zwischen den Beugemuskeln in reichlichem Fett verborgene manchmal doppelte Drüse münden. Diese Drüse wird unter Umständen vom Ballen aus mit injicirt; bisweilen, wenn keine Ligatur an dem Schenkel gelegen, gelangt die Injectionsmasse bis in die Lymphgefässe des Beckens. Es verdient der Erwähnung, dass bei den zahlreichen Injectionspräparaten, die ich vom Venensystem der Hinterextremität gemacht habe, die genannte Lymphdrüse immer mit sehr starken und zahlreichen Venen ausgestattet war.

Derjenige Theil des Lymphwerkes, der auf unserer Abbildung nicht gesehen wird, weil er in den Ballen und Schwimmhäuten und an den Seiten der Zehen gelegen ist, verhält sich bei der Injection verschieden. Schneidet man den Ballen durch, so sieht man manchmal nur in ganz geringer Ausdehnung um den Stichcanal blaue Injectionsmasse, bisweilen grössere blaue Herde. Schon makroskopisch gewahrt man kleine blau injicirte Aest-

chen in dem Ballen, dessen Peripherie niemals andere als natürliche Farbe aufweist. In den Schwimmhäuten fand ich bei den meisten Injectionen ausgedehntes auf die Seitenflächen der Zehen übergreifendes Extravasat, nur selten kleine Zweige, die dann die Zwischenzehengefässe zusammensetzten. Vom grossen Sohlenballen gehen die kleinen Zweige zwischen den Phalangen hindurch nach den Gefässen am Fussrücken. Injectionen in die Haut des Fussrückens und in die Schwimmhaut (nicht Unterhautbindegewebe) weisen nach, dass sich die Netze des Lymphwerkes auch von hier aus füllen lassen. Das gleiche wollte bis jetzt nicht gelingen von der Haut der Sohle aus.

Die mikroskopische Untersuchung des Ballens nahm ich an Präparaten vor, die auf dem Wege des Einstiches mit Ueberosmiumsäure behandelt, dann mit Berlinerblaulösung auf dieselbe Weise injicirt und in Alkohol oder chromsaurem Kali gehärtet waren. Diese Art der Härtung liess Schnitte zu, welche mindestens die Grundzüge der Structur zu erkennen gestatteten. Es wurden ferner statt der Erhärtung in Flüssigkeiten Schnitte an gefrorenem Ballen vorgenommen, nachdem diese ebenfalls vorher mit Ueberosmiumsäure behandelt und blau injicirt worden waren. Der beigedruckte Holzschnitt giebt eine Uebersicht der Gewebetheile und ihrer Anordnung, wie sie an solchen Schnitten wahrgenommen werden. Man sieht ein Bindegewebsnetz, dessen Fibrillen bündelweise geordnet sind und eine Anzahl ungleicher Hohlräume umschliessen, welche (bei *a*) Schweissdrüsen, (bei *b*) Fettzellen, (bei *c*) Sehnenbündel im Durchschnitt zeigen. Das Bindegewebe durchzieht (bei *d*) ein Bündel elastischer Fasern, die im Allgemeinen eine Richtung einhaltend gegen das obere Ende der Figur Maschen und kleinere Züge bilden. Die Bindegewebszüge, welche die Hohlräume umschliessen, lassen an manchen Stellen (wie bei *e*) den die Fibrillen überziehenden Endothelbeleg erkennen. Derselbe besteht aus einem Häutchen von unregelmässig begrenzten Zellen, die Kerne in der Mitte führen. Diese Häutchen, welche an nicht ganz frischen Präparaten stets vermisst werden, können nur sichtbar gemacht werden, wenn man an eben getödteten Thieren Ueberosmiumsäure in die Ballen einspritzt. War eine Injection mit Berlinerblau vorangegangen, so waren im Innern der Bindegewebsbündel regelmässig begrenzte Hohlräume mit blauer Masse zu sehen.



Die Venen der Hinterpfote und ihre Unterbindung.

(Hierzu Tafel II.)

Obwohl die Venen der hintern Extremität in Gurlt's Handbuch der vergleichenden Anatomie der Hausthiere beschrieben sind, will ich doch ihre detaillirten topographischen Verhältnisse hier als für unsere Versuche wichtig mittheilen. Zur Vena cruralis führen vom Fuss des Hundes drei Wege:

1) an der Aussenfläche des Unterschenkels die Vena saphena parva. Sie wird gebildet von den vordern Seitenvenen der Zehen, der Vena interossea externa des Fusses und den Venen am Sprunggelenk. Wo sie über diesem Gelenk der Sehnenscheide des Musc. extensor digitor. comm. long. aufliegt, bildet sie eine Anastomose mit der innern Vene des Unterschenkels, zieht von hier aus schräg und leicht geschlängelt, über die Fibula und die Sehne des M. peron. long. hinwegsetzend, schräg über die äussere Breite des Unterschenkels nach aufwärts und gelangt so an die hintere Fläche, wo sie einen Zweig, der von der Hinterfläche des Fusses kommt, an ihrem hintern Rande aufnimmt. Sie tritt nun an der Stelle, wo der M. gastrocnem. die Achillessehne bildet, auf die innere Seite der Wadenmuskeln, auf welchen sie zur Kniekehle verläuft. (Taf. II rechts vom Beschauer.)

Die Auffindung dieser Vene am lebenden Thier bietet keine Schwierigkeit; eine Compression des Unterschenkels lässt in der oben angegebenen Weise den Verlauf eine Strecke weit erkennen. Auch ohne dieses findet man sie leicht, wenn man die Haut und die oberflächliche Fascie durch einen kleinen Schnitt an der Uebergangsstelle vom Wadenmuskel in seine Sehne durchtrennt. Bei einiger Verschiebung der Wunde kann man sich auch von der Eintrittsstelle des genannten von unten herkommenden Zweiges überzeugen. Ueber demselben muss die Unterbindung vorgenommen werden, weil man sonst Gefahr läuft venöse Nebenwege offen zu lassen. Durch die Unterbindung versetzt man in Stauung die Venen an der Aussenfläche und an einem Theil der Vorderfläche des Fusses, an der Aussenfläche des Sprunggelenkes und an der Achillessehne.

2) An der Innenseite des Unterschenkels die Vena saphena magna. Sie setzt sich zusammen aus zwei grösseren Aesten, deren einer aus den vorderen Seitenvenen der Zehen und aus Zweigen der Fusswurzel und des Sprunggelenks gebildet wird und am Sprunggelenk jene oben erwähnte Anastomose abgiebt. Er verläuft dann schräg über die Tibia, erreicht so die Mitte der Innenfläche des Unterschenkels und verbindet sich in der Gegend der Tuberositas tibiae mit dem andern Ast. Dieser entsteht aus kleinen Venen der Fusswurzel und Hinterfläche des Sprunggelenks, erhält Zuzug von der Gegend der Achillessehne und aus dem Schienbein. Er läuft dann gerade

aufwärts zu dem andern Aste. Die vereinigte Vene nimmt am Kniegelenk noch einen kleinen Muskelzweig auf und mündet dann in die Vena cruralis in der Mitte des Oberschenkels. (Taf. II links vom Beschauer.)

Zur Orientirung über ihren Verlauf am lebenden Thier dienten uns von aussen leicht zu fühlende knöcherne Theile. Wenn man die seitliche Erhabenheit der Patella getastet hat, so trifft man nach der Mitte der Innenfläche des Unterschenkels zu, dicht unter dem Knie, einen zweiten Vorsprung, der dem oberen Rand der Tibia angehört. Gerade hinter demselben liegt die Vene, die man nun durch Längsschnitt bloslegen kann. Da die Vene sehr beweglich ist, muss man sich durch Verschiebung der Wunde überzeugen, ob man das vereinigte Gefäss und nicht etwa nur einen Ast blosgelegt hat. Durch die Ligatur wird unter Stauung versetzt das Raumgebiet der Gegend der Achillessehne und der Innenfläche des Unterschenkels.

3) An der Vorderfläche des Unterschenkels die Vena tibialis antica. Sie wurde in der Mehrzahl der von mir untersuchten Fälle doppelt gefunden. Ihren Ursprung findet sie in den Zwischenknochenvenen der Innenseite des Fusses. Sie ist tief gelegen, hart am Knochen; neben ihr steigt die Art. tibial. ant. herab und ein kleiner Muskelbauch, der vom M. peron. long. der Sehne des Flexor digit. comm. zustrebt, zieht quer über sie hinweg, vom N. peron. begleitet. Alle Gebilde haben einen der Länge des Knochens entsprechenden Verlauf und sind bedeckt von den Muskeln an der Vorderfläche des Unterschenkels. Den obern Theil der Vene überlagert der Bauch des M. peron. long., unter welchem sie nach der Kniescheibe zieht. (Taf. II rechts vom Beschauer.)

Zur Auffindung der Vene behufs Unterbindung macht man einen Längsschnitt, entsprechend dem hintern Rande des M. tibial. antic., aussen oder innen am Unterschenkel, dicht über dem Sprunggelenk. Hat man schon für die Präparation der Lymphgefässe einen Schnitt gemacht, so kann man von hier aus die Vene aufsuchen. Indem durch einen Gehülfen mit stumpfem Haken die Muskeln und Sehnen vom Knochen abgezogen werden, durchtrennt man die starken Fascienblätter bis zum Schienbein, auf dessen Fläche man die Vene findet. — Durch die Ligatur wird Stauung in den Venen des obern Theils der Fusswurzel und der Innenfläche des Fusses erzeugt.

Den besten Einblick in diese Verhältnisse erhielten wir auf dem Wege der Injection von der Peripherie (kleine Venen des Fussrückens, namentlich der Zehengegend), nachdem die grossen Venen, unterbunden waren. Ich will hier einen Augenblick bei der Methodik verweilen, da vielleicht künftigen Untersuchungen dadurch zeitraubende Vorbereitungen erspart werden. Aufgabe war, vom Gebiet der untern Hohlvene den Kreislauf des Fusses möglichst vollkommen zu schliessen.

Zur Orientirung dienten folgende Versuche:

Vers. 1) Bei einem verbluteten Hund wurde die Vena cruralis nahe an ihrem Eintritt in den Schenkelring aufgesucht, ebenso die Vena ischiadica dicht unter dem Lig. sacrotub. Durch eine in der Arteria femoral. stehende Canüle wurde das defibrinirte Blut des Thieres vermittelst Druckflaschen durchgeleitet. Als die vorher umschlungenen Venen zugebunden wurden, sank in der Folge das Blut in der Druckflasche noch continuirlich; es musste also noch eine Bahn offen geblieben sein. Dieser Abfluss wurde durch Leim-Injection bei Verschluss der genannten Venen gefunden: Eine durch die Adductoren verlaufende Vene aus der V. ischiadica entspringend mündete in die cruralis jenseits der Unterbindung, tief im Schenkelring. Da also die Ligatur der Schenkelvene an dieser Stelle sich als insufficient erweist, machten wir folgenden Versuch:

Vers. 2) Nach Unterbindung der V. saph. magna in der Höhe des Kniegelenks, der V. saph. parva am Ursprung der Achillessehne (die Verhältnisse der V. tibial. ant. waren damals uns noch nicht bekannt) wurden vom Fussrücken aus die Venen injicirt. Die Vena cruralis füllte sich und die Präparation constatirte, dass jener Ast der Vena saph. parva, der von der Aussenfläche des Fusses kommt, nicht mit in die Unterbindung gefasst war.

Vers. 3) Diese Anastomose wurde mit in das Bereich der Ligatur gezogen, die V. saph. magna wie bisher unterbunden. Die wieder eintretende Füllung der Schenkelvene führte zur Aufklärung über die Verhältnisse der V. tibial. antica.

Vers. 4) Die Vena tib. ant wurde sammt den anderen beiden Venen ligirt. Dennoch drang die Injectionsmasse in die V. cruralis: zwischen den beiden Zweigen der V. tibial. war eine Verbindung durch ein langes dünnes Gefäss, welches unterhalb der Ligatur aus dem einen Ast entspringend nicht mit verschlossen war.

Vers. 5) Ich schnürte nun bei der folgenden Injection V. tibialis mit allen über ihr liegenden Weichtheilen (Sehnen, Fascien, Haut) fest zusammen und erreichte endlich, dass in die Schenkelvene keine Injectionsmasse eindrang. Dieses waren die Untersuchungen, die ich zur Ermittelung des venösen Kreislaufes und seiner Abschliessung vornahm. Weitere

derartige Proben wurden bei mehreren Versuchen gemacht, denn ich verfehlte nicht, jedesmal wenn ich Verdacht hatte, dass ein Fehler in der Unterbindung vorliege, die Injection von der Peripherie her zu Rathe zu ziehen. Ein vollkommener Abschluss ist aber durch die regelrechte Unterbindung der drei Hauptvenen wohl nicht zu bewerkstelligen, denn eine Menge kleiner Hautvenen, deren Anzahl man bei recht gut gelungenen Injectionen der Venen von den Arterien her erst erkennen kann, mögen immer noch eine Summe kleiner Wege für das Blut offen erhalten. Dass sie bei der Injection mit Leim von der Peripherie her nicht mit gefüllt wurden, daran trägt wohl die niedere Temperatur der Haut über dem Schenkel Schuld. Denn ich erhielt die Injection der kleinen Hautgefässe nur bei anhaltender hoher Temperatur der Präparate.

Die Nerven der hinteren Extremität, die Durchschneidung des N. ischiadicus und die Reizung des peripherischen Stumpfes.

Vom N. cruralis reicht nur ein Ast, der N. saphenus, bis in das Gebiet, welches zu meinen Untersuchungen diente, herab. Dieser dünne Hautnerv endigt in der Gegend des Sprunggelenks. Der N. ischiadicus tritt nach innen vom Sitzbeinhöcker aus dem Becken, zerfällt während seines Verlaufes zwischen den hinteren Oberschenkelmuskeln in den N. tibialis und peroneus, welche die unser Lymphgebiet beherrschenden Nerven enthalten.

Die Durchschneidung des N. ischiadicus, welche ich in der Mehrzahl meiner Versuche mit Neurotomie vornahm, bietet einige Schwierigkeiten. Man muss vom Hautschnitt aus, der parallel zur Längsaxe der Kreuzwirbel gemacht wird, durch die oberflächlichen Fascienlagen und dann durch vieles Fett bis auf das Lig. sacrotuberosum vordringen. Dieses Band wird durchschnitten. Nun muss man in der Tiefe zwischen Hüftmuskeln und fettreichem Bindegewebe und einer Menge von Gefässen (die alle nach der Einverleibung von Opium sehr weit sind) arbeiten. Ist man bis zum Nerven vorgedrungen, so kommen Zuckungen und Schmerzäusserungen. Die Durchschneidung des Ischiadicus geschieht nach sorgfältiger Präparation, die vor allem jedes Blutgefäss bei Seite zu schaffen hat, indem man den Nerven auf einen stumpfen und breiten Haken fasst und mit scharfer Scheere rasch durchtrennt. Eine lebhafte

Zuckung erfolgt und alsbald wird die Pfote warm; die kleinen Arterien der Zehen lassen Pulsation wahrnehmen.

Soll gereizt werden, so versieht man den peripherischen Stumpf des Nerven mit einem Faden, von welchem geleitet er eicht in den Reizträger eingelegt werden kann. Diese Vorrichtung besteht aus zwei Hartgummiplättchen, deren jedes an einem Ende eine Rinne führt. Die am entgegengesetzten Ende in die eine Platte eintretenden Poldrähte endigen in dieser Rinne, welche mit der andern einen Canal bildet, sobald beide Platten auf einander geschraubt sind. In diesen Canal schliesst man den mit salzwasserfeuchtem Löschpapier umgebenen Nerven ein. Zur Verhütung von Stromschleifen von den Poldrähten her thut man gut, den ganzen Reizträger in Kautschukpapier einzuhüllen. Auf diese Weise lässt sich der Ischiadicus sehr prompt und was sehr interessant ist stundenlang mit Erfolg (Tetanus) reizen. Während der Reizung schwanden bei unseren Versuchen die Pulse der kleinen Arterien an den Zehen, die der grossen wurden kleiner und härter.

Die Versuche sind im Ganzen, wenn auch in ihrer Vorbereitung mühsam und langweilig, so doch leicht anzustellen. Von 15 Versuchen, einen Vorversuch eingerechnet, misslang keiner gänzlich. Wenn die Beobachtung im Gang ist, treten nur solche Zwischenfälle ein, welche den Versuch eher als beabsichtigt ist unterbrechen. Als gewöhnliches Vorkommniss ist die nach längerer oder kürzerer Zeit nothwendige Reinigung der Canüle zu bezeichnen. Im engen Lumen derselben bilden sich leicht Gerinnsel. Diese bei klarer Lymphe gelben oder weisslichen, bei blutiger Lymphe braunen Coagula werden nach dem von *Paschutin* empfohlenen Verfahren mit einem Platindrähtchen oder einer langen Schweinsborste entfernt. Die Borste hat ihre Schattenseiten, indem sie an ihrer untern Anschwellung oft Stacheln und Spitzchen besitzt, die das Lymphgefäss lädiren und weil sich von jener Kuppe Häutchen ablösen können, wodurch Canüle oder Lymphgefäss verstopft werden. Nach der Versuchszeit, die für die einzelnen Abschnitte eine halbe oder eine ganze Stunde in Anspruch nahm, wurde jedesmal gereinigt und die kleineren festeren Gerinnsel aus dem engen Metalltheil der Canüle, die lockeren grösseren aus dem Kautschukansatz derselben entfernt.

Ist eine Läsion des Gefässes vorgekommen (unvorsichtige Reinigung, Zuckungen des Thieres) oder ist die Canüle gar aus dem Gefäss geschlüpft, so kann man im ersten Falle zur Noth in die alte, im zweiten Fall nach erneuter Unterbindung des Gefässes in eine frische Oeffnung einsetzen.

Bei Versuchen mit Blutstauung findet manchmal Lymphausfluss und capilläre Blutung aus der Hautwunde statt. Der Lymphverlust ist aber gegenüber den unter diesen Verhältnissen gewonnenen Lymphmengen verschwindend klein. Die Blutungen kann man leicht mit styptischen Mitteln stillen.

Die Ischiadicusreizung, sofern man sich vorsieht, dass nicht Stromschleifen nach dem centralen Stumpf gelangen, lässt die Thiere ziemlich ruhig. Der Tetanus scheint allerdings unangenehme Empfindungen im Gebiete des Cruralis hervorzurufen, und die beobachteten spontanen Bewegungen der Strecker zu veranlassen.

Ueber den Lymphstrom am Fusse des Hundes.

Den Einfluss, welchen irgend eine Aenderung in den Lebenseigenschaften des Gliedes auf die Bildung der Lymphe übt, können wir gegenwärtig nur dadurch ermitteln, dass wir in zwei aufeinanderfolgenden Versuchen die Geschwindigkeiten und die Zusammensetzung der strömenden Lymphe mit einander vergleichen, von welchen die eine vor, die andere aber nach der Einführung der neuen Bedingungen gesammelt wurde. Streng genommen kann dieses Verfahren nur Aufschlüsse über den gegenwärtigen Zustand des dem Versuche unterworfenen Thieres gewähren, weil der ursprüngliche Verband von Bedingungen, zu welchem die neue willkürliche hinzu gesetzt wird, keineswegs zu allen Zeiten und in allen Individuen derselbe ist. Demgemäss muss man darauf gefasst sein, dass dieselbe Veränderung, welche an den gleichnamigen Orten zweier verschiedener Thiere angebracht wird, ungleiche Erfolge für die Absonderung nach sich zieht. Dieses zeigt sich auch in dem Ergebnisse der folgenden Versuchsreihe, glücklicherweise jedoch nicht in einem solchen Umfange, dass nicht wenigstens gewisse Regeln jedesmal wiederkehrten. Hieraus ist zu schliessen, dass die Bedingungen, unter welchen die Absonderung der Lymphe beim Beginne des Versuches vor sich ging, meist ähnliche waren.

Zum Theil mag diese Uebereinstimmung darauf beruhen, dass jedes Thier vor und während des Versuchs auf möglichst gleiche Weise behandelt ist. Namentlich wurden sämmtliche Hunde mehrere Tage vor ihrer Benutzung reichlich mit Fleisch und Brod gefüttert, und vor dem Aufsuchen der Lymphgefässe durch Opiumtinctur, welche in die V. jugularis gespritzt ward, in annähernd gleichem Grade betäubt. Wenn die Canüle in das Gefäss eingebunden war, so wurde der Fuss nach Ablauf einer bestimmten Zeit mit der Hand sorgfältig und zwar so lange ausgepresst, bis sein Gehalt an Lymphe vollständig erschöpft war. Die Versuche, welche unter diesen Umständen ausgeführt sind, sollen als die normalen bezeichnet werden. Mit ihrer Mittheilung werde ich beginnen.

1. Die schon früher bekannte Thatsache, dass die Geschwindigkeit des Lymphstromes um so mehr abnimmt, je öfter die künstliche Entleerung der Gefässe stattfindet, hat durch *Paschutin* eine genauere Fassung erhalten. Meine Versuche bestätigen dieselbe für die mit Opium betäubten Thiere ausnahmlos. In der nachfolgenden Zusammenstellung habe ich jedoch nur diejenigen Beobachtungen benutzt, in welchen der Normalversuch eine Stunde lang andauerte. In einem jeden wurde der Fuss nach je 5 Minuten ausgedrückt, und nach je 2 Auspressungen das Volumen der gewonnenen Flüssigkeit abgelesen; so erhielt ich an jedem der fünf durch römische Ziffern bezeichneten Thiere sechs Bestimmungen, welche in der nachfolgenden Tabelle in der zeitlichen Folge, in der sie gewonnen wurden, unter einander geschrieben sind. Jede Zahl bedeutet in Ccm. die Lymphmenge, die in 10 Minuten, also durch je zwei Auspressungen erhalten wurde.

III.	VIII.	IX.	XI.	XV.
1,4 Ccm.	0,9 Ccm.	0,5 Ccm.	1,2 Ccm.	0,8 Ccm.
0,4 -	0,7 -	0,4 -	0,8 -	0,4 -
0,1 -	0,5 -	0,3 -	0,6 -	0,5 -
0,3 -	0,5 -	0,2 -	0,5 -	0,3 -
0,3 -	0,3 -	0,2 -	0,5 -	0,1 -
0,1 -	0,3 -	0,1 -	0,4 -	0,15 -

Aus diesen Reihen schliesse ich, dass sich die Geschwindigkeit der Absonderung vermindert, wenn die Zahl der Auspressungen zunimmt; und zwar so, dass der Unterschied zweier nach einander gewonnenen Volumina im Beginn der Reihe grösser als gegen das Ende derselben ist. Gegen diesen Schluss

könnte man einwenden, dass in den vorstehenden Reihen zweimal [Hund III, Zahl 4 und Hund XV, Zahl 6] Abweichungen von der aufgestellten Regel vorkommen. Einen solchen Einwurf halte ich jedoch für hinfällig; denn abgesehen davon, dass die Zahl der zutreffenden Fälle in der ausgesprochensten Mehrheit ist, hat man doch auch zu beachten, wie klein die absoluten Mengen von Flüssigkeit sind, welche hier den Ausschlag geben. Geringe Abweichungen in der Art der auspressenden Handgriffe werden somit schon genügen, um die Menge der gewonnenen Flüssigkeit etwas zu alteriren und den wahren Verlauf der Absonderung zu verdecken. Weil nun trotz dieser scheinbar kaum zu vermeidenden Fehlerquelle eine Regel, die schon auf anderem Wege festgestellt wurde, auch hier zum Vorschein kommt, so sehe ich darin den Beweis, dass der Handgriff, durch welchen ich der Pfote ihre Lymphe zu entziehen suchte, seinem Zwecke vollkommen entsprochen hat.

2. In den Beobachtungen, denen die vorhin mitgetheilten Reihen entnommen sind, bestätigte sich auch eine andere, an dem Lymphstrom der Gliedmaassen schon beobachtete Thatsache. Es floss nämlich, vorausgesetzt dass die Pfote ruhig und sich selbst überlassen blieb, gewöhnlich nicht die geringste Menge von Lymphe aus der Canüle hervor, trotzdem dass das Glied horizontal und die Lymphcanüle so gelagert war, dass jenseits ihrer freien Mündung nicht der mindeste Gegendruck bestand.

Als eins von mehreren mir zu Gebote stehenden Beispielen mag das folgende gleich aus Versuch 1 meiner Beobachtungsprotocolle angeführt werden. Als die Pfote 30 Minuten hindurch in Ruhe gelassen wurde, floss nichts hervor, durch zwei in je fünf Minuten auf einander folgende Pressungen wurden darauf 0,6 Ccm. Lymphe entleert. Als nun abermals 15 Minuten hindurch das Ausdrücken unterblieb, stockte auch der Ausfluss vollständig. In dieser und den ihr ähnlichen Beobachtungen hat also die in die Lymphgefässe übergeführte Flüssigkeit keinen Anstoss zur Fortbewegung innerhalb der ruhenden Pfote empfangen. — Da sich nun, wenn der Ausfluss stockt, keine ödematöse Anschwellung bemerklich macht, so ist die Annahme berechtigt, dass die Absonderung der Lymphe stillsteht, wenn die Wurzeln der Lymphgefässe bezüglich die letzteren selbst bis zu einem gewissen Grade gefüllt sind. Dieser letztere Zustand scheint sich sogar in nicht allzulanger Zeit einzustellen; hierfür

spricht zum mindesten der folgende Versuch. Bei dem Thiere, den er betrifft (XIII), wurden abwechselnd drei Auspressungen nach je fünf und nach je zehn Minuten vorgenommen. Hierdurch wurden erhalten:

Nach je 5 Minuten entleert:	Nach je 10 Minuten entleert:
1,9	0,8
1,7	0,7
1,6	0,5

In diesem Versuche hat es fast den Anschein, als ob der Füllungsgrad, welchen die Lymphwege der Pfote erlangt hatten, nach fünf Minuten Ruhe gerade so gross gewesen sei, als nach zehn Minuten Ruhe, da in derselben Zeit durch die doppelte Zahl der Auspressungen ungefähr das doppelte an Lymphe erhalten wurde. Diese Beobachtung bedarf nun allerdings noch mannigfacher Wiederholung, ehe man hieraus den Schluss ziehen darf, dass in den Gliedmaassen, welche keine Störung ihres Blutkreislaufes erlitten haben, nur in dem Maasse Lymphe abgesondert werde, in welchem dieselbe durch die Bewegung der Glieder entleert wird.

Wie dem auch sein mag, die Entleerung der Wurzeln und Gefässe des Lymphwerkes ist jedenfalls, wie dieses auch schon *Genersich* und *Paschutin* erkannt haben, für die Absonderung unserer Flüssigkeit von der grössten Bedeutung. Um dieses begreiflich zu finden, ist zu erwägen, dass der von mir ausgeübte Handgriff auf dreierlei Weise wirksam werden könnte. Erstens dadurch, dass durch den wiederkehrenden Druck eine Lähmung bezüglich eine Erschlaffung der Gefässwand bedingt wird; denn es ist bekannt genug, dass Blutgefässe, welche wiederholten und anhaltenden Drücken ausgesetzt sind, sich erweitern. Obwohl nun hierdurch möglicherweise der Widerstand vermindert wird, welchen die Gefässhaut dem Durchtritt der Flüssigkeit entgegensetzt, so glaube ich doch nicht, dass darauf die Wirksamkeit des von mir ausgeübten Handgriffes zu schieben ist; denn wäre die Lähmung der Gefässwand von wesentlicher Bedeutung, so dürfte mit der öfteren Wiederholung des Auspressens das Volumen der entleerten Flüssigkeit nicht abnehmen, wie es doch in der That der Fall ist, z. B. auch, wenn man Versuche mit Durchschneidung der vasomotorischen Nerven anstellt. Eher sollte man vermehrten Ausfluss erwarten, da durch die

häufige Wiederkehr des Druckes die Ausbildung der Lähmung offenbar befördert werden muss. Zudem ist der besprochene Erklärungsversuch auf die Beobachtungen von *Genersich* und *Paschutin* gar nicht anwendbar.

Nächstdem würde man die Pressungen, welche der Pfote durch die Hand des Beobachters mitgetheilt werden, darum für ein Förderungsmittel der Lymphbildung erklären können, weil sie den Blutstrom in dieser beeinflussen. Denn es wird der Finger, indem er Blutgefässe zusammendrückt, den Strom in diesen nach der einen Richtung hin beschleunigen und nach der andern dagegen hemmen. Somit werden die Kräfte vermehrt, welche möglicherweise das Durchtreten von Flüssigkeit durch die Gefässwand hindurch befördern. Trotzdem dürfte auch hierin der wahre Grund für die vermehrte Absonderung nicht zu suchen sein; denn wäre dieses wirklich der Fall, so würde der zeitliche Verlauf der Absonderung, wie er sich unter dem Einflusse des Druckes gestaltet, ganz anders ausfallen müssen, als es in Wirklichkeit geschieht. Die Erfahrung lehrt, dass der Fingerdruck, welcher nach einer längeren Ruhe ausgeübt wird, sich anfänglich sehr wirksam, nach drei- bis viermaliger Wiederholung aber als vollkommen unwirksam erweist. Daraus geht hervor, dass durch den Handgriff ein angesammelter Vorrath herausbefördert, keineswegs jedoch durch ihn eine unmittelbare Veranlassung zur Absonderung gegeben wird.

Dadurch, dass der Fingerdruck die Flüssigkeit entfernt, welche in den Gewebslücken gelegen ist, wird endlich auch eine Störung des elastischen Gleichgewichtes in den Bestandtheilen der Pfote und somit ein Bestreben im Bindegewebe hervorgerufen, die frühere Lage wieder anzunehmen. Wenn dieses eine Stellung der festen Theile fordert, bei welcher keine unmittelbare Berührung derselben stattfindet, so ist hierdurch eine Bedingung hergestellt, welche die Lymphbildung befördern muss. Bei der Weichheit, die allen Formen des Bindegewebes eigen ist, werden die saugenden Kräfte, welche durch die Entfernung der Flüssigkeit wachgerufen sind, voraussichtlich nur mässig sein. Deshalb wird auch die Füllung der Lücken nur sehr allmälig bis zum ursprünglichen Grade vorwärtsschreiten. — Unter den Erklärungen, die man nach dem Gesagten für die Wirkung geben kann, welche die passive Bewegung der Glieder auf die Lymphbildung übt, scheint mir die zuletzt an-

geführte die einfachste und zugleich die zu sein, aus welcher sich alle Erscheinungen ohne Schwierigkeit ableiten lassen. Die Consequenzen, welche aus ihr hervorgehen, müssten allerdings erst genauer geprüft werden, ehe man sie als die allein richtige betrachten dürfte.

3. Durch *Paschutin* haben wir erfahren, dass die active Congestion, welche auf die Durchschneidung der verengenden Gefässnerven zu folgen pflegt, keine Vermehrung der Lymph-Absonderung herbeiführt; da sich mein Object ganz vorzugsweise zur Prüfung dieser Angabe eignet, so habe ich dieselbe nicht unterlassen. Um eine Lähmung in den Muskeln der Arterien herbeizuführen, wurden entweder die N. tibialis u. peron., in der Regel aber der N. ischiadicus durchschnitten. Wenn ich diesen letztern wählte, so suchte ich ihn unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Becken auf, wie schon früher angegeben worden ist, und durchschnitt ihn meist unterhalb der Aeste, die er in die langen Beuger des Unterschenkels abgiebt. Zum Beweis dafür, dass diese Operation die beabsichtigte Gefässlähmung herbeigeführt hatte, diente die Erwärmung der Pfote und in günstigen Fällen das Auftreten einer Pulsation der Art. digitales, welche vor der Durchschneidung des Nerven nicht fühlbar gewesen war. Die Versuche lieferten die folgenden Zahlen.

VI. Keine Betäubung durch Opium. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	0,6. 0,3. 0,6 Ccm.
Nach Durchschneidung des N. tibialis anticus erwärmte sich die Pfote, aber es trat keine Pulsation der Digitalarterien ein. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,4. 0,4. 0,7. 0,3. 0,5. 0,6 Ccm.
X. Durch Opium betäubt. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	0,6. 0,4. 0,3 Ccm.
Der N. ischiadicus durchschnitten, wobei durch Verletzung einer Arterie eine starke Blutung entstand. In der Pfote war keine Pulsation fühlbar. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,2. 0,2. 0,15. 0,25. 0,2. 0,25 Ccm.

XI. Durch Opium betäubt. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . 1,2. 0,8. 0,6. 0,5. 0,5. 0,4 Ccm.

Der N. ischiadicus durchschnitten. S o f o r t e r w ä r m t e sich die Pfote und es p u l s i r t e n d i e D i g i t a l a r t e r i e n. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . . 0,8. 0,7. 0,4. 0,4. 0,45. 0,35 Ccm.

XII. Durch Opium betäubt. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . 0,4. 0,35. 0,45 Ccm.

Der N. ischiadicus durchschnitten. Die Pfote wird sofort warm, keine Pulsation der Digitalarterien. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . . 0,3. 0,2. 0,25. 0,25. 0,2. 0,25 Ccm.

XV. Durch Opium betäubt. Altes Thier, magere Pfote. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . . 0,8. 0,5. 0,3. 0,3. 0,1. 0,15 Ccm.

Der N. ischiadicus durchschnitten. Die Pfote s o f o r t w a r m. P u l s a t i o n d e r D i g i t a l a r t e r i e n fühlbar. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen 0,2. 0,1. 0,15. 0,15. 0,2. 0,2 Ccm.

Der peripherische Stumpf des N. ischiadicus wird mit isolirten Electroden versehen und gereizt, so dass eine Stunde hindurch die Muskeln des Unterschenkels in Tetanus verharren. Die Pulsation der Digitalarterien verschwindet und die Pfote kühlt sich rasch ab. In je 10 Min. wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . . 0,2. 0,15. 0,25. 0,2. 0,1. 0,2 Ccm.

Meine Beobachtungen bestätigen somit im Wesentlichen die Angaben *Paschutin's*, dennoch möchte ich die Steigerung des arteriellen Zuflusses bei ungehemmtem Abfluss durch die Venen nicht als vollkommen gleichgültig betrachten, da in zweien der vorstehenden Beobachtungen (VI und XI) statt der zu erwartenden Abnahme der Ausflussgeschwindigkeit ein kleines Ansteigen derselben eintrat. Aber auch dieses war doch

äusserst gering im Vergleich zu der Vermehrung des arteriellen Stromes, wie er sich namentlich in Versuch XI bemerkbar machte.

An diese durch das Experiment ermittelten Thatsachen dürften sich die Beobachtungen der Pathologen oft genug anschliessen, da, wie ich sogleich darthun werde, die ödematöse Schwellung mit der vermehrten Lymphbildung Hand in Hand geht. Denn in manchen Zuständen, wo die Annahme einer Paralyse der vasomotorischen Nerven gestattet ist, findet sich ausser leichtem Gedunsensein der Theile, das der vermehrten Gefässfüllung zuzuschreiben ist, keine Schwellung, die auf Austritt seröser Flüssigkeit in die Gewebslücken hindeutet. Dagegen sehen wir Schädlichkeiten, welche von aussen her den venösen Abfluss hemmen, unter Umständen rasch eine Schwellung in und unter der Haut nachfolgen, wie sich an jeder festen Umschnürung eines Gliedes durch ein Band nachweisen lässt.

4. An den Thieren, an welchen die Erfolge der Nervendurchschneidung geprüft waren, wurde unmittelbar nachher die Verengung der venösen Stromwege vorgenommen.

Nach den Erfahrungen, die ich bei dieser Variation des Versuchs gemacht habe, scheint mir die Behauptung nicht unberechtigt, dass sich die Pfote des Hundes dem Ohre des Kaninchens, der Zunge und den Schwimmfalten des Frosches ebenbürtig zur Seite stellt, wenn es sich um die Aufklärung der unter dem Namen der Stauungshyperaemie zusammengefassten Vorgänge handelt. Nicht etwa deshalb, weil man an der Hundepfote die Beobachtungen bestätigen könnte, welche an den andern Objecten schon gemacht wurden, sondern vielmehr, weil an ihr neue Thatsachen zu Tage treten, welche die schon bekannten erweitern und ergänzen.

Ueber die Behandlungsweise, welche das Glied erfuhr, nachdem seine Venen unterbunden waren, bedarf es keiner weiteren Mittheilung, da sie dieselbe blieb, welche in den vorhergehenden Versuchsreihen schon geschildert ist. Die Ergebnisse, von denen ich zunächst spreche, sind an Pfoten gewonnen, an denen die abführenden Venen sämmtlich verschlossen wurden. Der Character, welchen hierbei der Lymphstrom annimmt, ist durch die folgenden vier Kennzeichen gegeben.

a. Unmittelbar nach eingetretenem Verschlusse der Venen fliesst die Lymphe reichlicher als vorher und zugleich nehmen

während des fortdauernden Verschlusses der Venen die in den aufeinanderfolgenden Auspressungen hervorgetriebenen Lymphmengen nicht ab, sondern im Gegentheil eher zu. Zur Verdeutlichung des eben Gesagten mögen die folgenden Zahlen dienen.

X. Durch Opium betäubt. Der N. ischiadicus durchschnitten, wobei durch Verletzung einer Arterie eine starke Blutung entsteht.	
Die Venen offen. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,2. 0,2. 0,15. 0,25. 0,2. 0,25 Ccm.
Während Unterbindung; es wurde sofort in je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	0,8. 0,6. 0,5. 0,6. 0,5. 0,4 Ccm.
XI. Durch Opium betäubt. Der N. ischiadicus durchschnitten. Die Venen offen. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,8. 0,7. 0,4. 0,4. 0,45. 0,35 Ccm.
Während der Unterbindung wurde sofort in je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	1,6. 1,7, 1,7. 2,0. 1,2. 2.1 Ccm.
	Gewicht der Pfote 392 Gr.*)
XII. Durch Opium betäubt. Der N. ischiadicus durchschnitten. Die Venen offen. In je 10 Minuten wurde durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,3. 0,2. 0,25. 0,25. 0,2. 0,25 Ccm.
Während Unterbindung; es wurde sofort in je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen . .	1,6. 1,8. 1,5. 1,6. 1,7. 1,7 Ccm.
	Gewicht der Pfote 415 Gr.*)
XIII. Durch Opium betäubt. Der N. ischiadicus durchschnitten. Die Venen offen. In je 10 Minuten wurden durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	1,9. 1,7. 1,6 Ccm.
Während Unterbindung; es wurde sofort in je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	1,5. 2,1. 2,3 Ccm.

*) Nach dem Tode wurde die Pfote in der Ebene abgeschnitten, welche durch den Ort der Lymphcanüle bestimmt war, und gewogen.

Nach Unterbindung der Venen steigt somit die Menge der ausgedrückten Lymphe rasch empor, denn es giebt der erste Handgriff, welcher nach Unterbindung der Vene ausgeübt wird, nun das vier- bis sechsfache mehr, als der letzte vor der genannten Operation erzielt hatte. Dieser vermehrte Ausfluss erstreckt sich aber nicht blos auf die erste Auspressung, sondern er behauptet sich auch bei den folgenden, wiederholt zeigte sich sogar, dass bei den späteren Auspressungen mehr als bei der ersten gewonnen wurde. Gleichzeitig mit diesen Erscheinungen entwickelt sich auch eine Anschwellung der Pfote, welche zum Theil wenigstens auf der Anhäufung von Flüssigkeit in den Gewebslücken beruht.

b. In der Normalreihe hatten wir bemerkt, dass in den Zeiten, welche zwei die Auspressung besorgende Handgriffe von einander trennten, nur äusserst selten ein selbständiger Ausfluss aus der Canüle stattfand. Während der Unterbindung tritt spontanes Abtröpfeln in grösserem Maasse sehr häufig ein. Diesem Verhalten gemäss kann es nun auch nicht auffallen, dass die Zahl der Auspressungen, welche in gleichen Zeiten ausgeführt werden, nicht mehr so unmittelbar auf die Menge der hervorgeholten Flüssigkeit wirkt, wie dieses an den Pfoten mit offenen Venen der Fall war. An dem Thiere, welches schon auf pag. 411 erwähnt wurde, habe ich dem dort mitgetheilten Versuche bei offenen Venen, einen anderen bei geschlossenen zugefügt, dessen Ergebniss folgendes ist:

Nach je 5 Minuten entleert:	Nach je 10 Minuten entleert:
1,5	2,0
2,1	2,1
2,3	2,1
und eine Stunde später:	
1,2	1,4
1,6	1,6
2,0	2,1

Demnach bildet sich während der Unterbindung auch unabhängig von der Entleerung oder, besser ausgedrückt, von der durch sie bedingten Spannungsabnahme neue Gewebsflüssigkeit, eine Annahme, die sich auch schon durch die Entstehung des Oedems rechtfertigt, welches bis zu einer bedeutenden Härte des geschwellten Gliedes anwachsen kann.

c. Wenn die Unterbindung, nachdem sie eine Stunde und länger bestanden hat, wieder gelöst wird, so verschwindet die durch sie bewirkte Vermehrung des Ausflusses nicht augenblicklich. Die Nachwirkung der vorher vorhandenen Blutstauung macht sich eine Stunde und oft auch länger geltend. Dieses mögen die folgenden Zahlen erläutern. Da die nachstehenden Versuche an den Thieren, die schon auf der Seite 416 erwähnt wurden, vorgenommen sind, und die Absonderungszeiten und Auspressungszahlen dieselben wie dort sind, so kann ich hier die Ueberschriften abkürzen.

XI. Während der Unterbindung. . 1,6. 1,7. 1,7. 2,0. 1,2. 2,1 Ccm.
Unterbindung gelöst . . . . . . 2,2. 1,4. 1,4. 1,3. 1,2. 1,2. 1,2. 1,1. 1,1. 0,9. 0,8. 0,8 Ccm.

Die letzte Auspressung, die vor der Unterbindung der Venen vorgenommen war, hatte 0,35 Ccm. geliefert, somit war 2 Stunden nach Lösung der Ligatur die vor derselben vorhandene geringe Geschwindigkeit noch nicht wieder erreicht.

XII. Während der Unterbindung . 1,6. 1,8. 1,5. 1,6. 1,7. 1,7 Ccm.
Unterbindung gelöst . . . . . . 2,2. 2,1. 1,3. 1,0. 0,8. 0,8. 0,6. 0,7. 0,5. 0,4. 0,2. 0,3. 0,3. 0,4. 0,6. 0,5. 0,4. 0,3 Ccm.

Die letzte Auspressung, die vor der Unterbindung der Venen vorgenommen war, hatte 0,25 Ccm. geliefert, somit machte sich in diesem Fall die Nachwirkung der Unterbindung mindestens 3 Stunden hindurch geltend.

	(Nach je 5 Min. ausgepresst)	(Nach je 10 Min. ausgepresst)
XIII. Während der Unterbindung	1,5. 2,1. 2,3.	2,0. 2,1. 2,1 Ccm.
Unterbindung gelöst	2,0. 1,4. 1,0.	1,0. 0,6. 0,4 -
Unterbindung wiederhergestellt .	1,2. 1,6. 2,0.	1,4. 1,6. 2,1 -
Unterbindung gelöst	2,6. 1,7. 1,5.	0,6. 0,3. 0,4 -

Die letzte Auspressung, die vor Unterbindung der Venen vorgenommen war, hatte bei einem Intervall der Drücke von 5 Minuten 1,6 Ccm., bei einem Intervall von 10 Minuten dagegen 0,5 Ccm. betragen. Es war also in diesem Falle nach Verlauf von einer halben Stunde die Nachwirkung erloschen.

In einer anderen Beobachtung, nämlich in derjenigen, bei welcher während der Durchschneidung des N. ischiadicus eine starke Blutung eingetreten war, fand, wie die folgenden Zahlen lehren, gar keine Nachwirkung statt.

X. Während der Unterbindung . .	0,8. 0,6. 0,5. 0,6. 0,5. 0,4 Ccm.
Unterbindung gelöst	0,2. 0,2. 0,25. 0,15. 0,1. 0,2 -
Unterbindung wieder hergestellt	0,7. 0,4. 0,5 Ccm.

In dem Zeitraum, welchen ich als den der Nachwirkung bezeichnet habe, pflegt die ödematöse Anschwellung allmälig zu verschwinden; somit liegt es nahe zu glauben, dass das grössere Volum von Flüssigkeit, welches in dem genannten Zeitabschnitt geliefert wird, aus dem in der Pfote angehäuften Vorrath herrühre. Dieses ist zum Theil auch wohl der Fall; wahrscheinlich besteht jedoch daneben auch eine vermehrte Absonderung, weil es sich wiederholt, namentlich aber in Versuch XI und XII zeigt, dass das Maximum des Ausflusses während des Verschlusses der Venen kleiner als dasjenige in der Nachwirkung ausfällt, trotzdem dass in dieser letzteren die Schwellung des Gliedes schon merklich abgenommen hatte.

d. Während der Unterbindung der Venen ändert sich aber nicht blos die Menge, sondern auch die Zusammensetzung des Ausfliessenden. Dieses drückt sich sowohl in der Farbe der Gesammtlymphe, wie auch in dem trockenen Rückstand ihres auf der Centrifuge gereinigten Serums aus. Während nämlich die in dem Normalversuch gewonnene Flüssigkeit klar und in der Regel farblos war, wurde sie nach der Durchschneidung des N. ischiadicus gewöhnlich schon schwach-gelblich, während der Unterbindung dagegen zeigte sie eine merklichere Umfärbung zum Rothen hin, die ich je nach ihrer Intensität als gelbroth, rothgelb, röthlich und blutig bezeichnen will. Die Beziehungen, welche bestehen zwischen der Geschwindigkeit des Ausflusses, dem Gehalt des Serums an Rückstandsprocenten und der Farbe der Gesammtlymphe, die selbstverständlich durch eine Beimengung von rothen Blutkörperchen bedingt war, sind in der folgenden Zusammenstellung ausgedrückt. In dieser sind die Ausflussgeschwindigkeiten auf gleiche Zeiten reducirt, wenn die Zeiten, während welcher die Lymphe aufgefangen wurde, nicht für alle Phasen des Versuchs gleich gross waren. (Auspressungen je nach 5 oder 10 Minuten vergl. die Uebersicht sämmtlicher Protocolle am Schluss.)

	Ausfluss in einer halben Stunde.	Rückstands-procente des Serums.	Farbe der Gesammt-lymphe.
X. Normalversuch	1,3	4,13	farblos.
N. ischiadicus durchschnitten . .	0,6	3,62 !	gelblich.
Venen unterbunden	1,7	3,14	gelbroth.
Unterbindung gelöst	0,5	3,20	gelblich.
Wieder unterbunden	1,6	4,19	rothgelb.
XII. Normalversuch.	1,2	2,07	farblos.
N. ischiadicus durchschnitten . .	0,7	3,34	farblos.
Venen unterbunden	4,4	2,62	röthlich.
Unterbindung gelöst 1. Portion .	4,1	2,79	rothgelb.
– – – 2. – . .	1,3	3,95	rothgelb.
– – – 3. – . .	1,2	2,20 !	gelbroth.
XIII a. Mit je 5 Minuten langer Entleerungszeit.			
N. ischiadicus durchschnitten . .	5,2	5,16	farblos.
Venen unterbunden	5,9	3,92	blutig.
Unterbindung gelöst	4,4	3,22 !	röthlich.
Venen unterbunden	4,4	4,38	rothgelb.
Unterbindung gelöst	5,8	3,01	rothgelb.
XIII b. Mit je 10 Minuten langer Entleerungszeit.			
N. ischiadicus durchschnitten . .	2,0	4,07	gelbroth.
Venen unterbunden	6,2	3,22	blutig.
Unterbindung gelöst	2,2	4,18	röthlich.
Venen unterbunden	5,1	3,26	röthlich.
Unterbindung gelöst	1,3	3,43	rothgelb.

	Ausfluss in einer Stunde.	Rückstands-procente des Serums.	Farbe der Gesammt-lymphe.
XI. Normalversuch	4,0	2,26	farblos.
N. ischiadicus durchschnitten . .	3,1	2,12 !	gelblich.
Venen unterbunden	10,3	2,10	gelb.
Unterbindung gelöst 1. Portion .	8,7	2,36	blutig.
– – – 2. – . .	5,8	2,87	gelbroth.

Betrachten wir zuerst die Farbenänderung, welche die Lymphe während der Unterbrechung des Venenstromes erfährt, so sehen wir durchweg, dass sich im Gegensatz zu der früher abgesonderten ihre Röthung vermehrt. Da diese letztere durch die Anwesenheit von Blutkörperchen bedingt wird, so hat

während der Unterbindung der Venen die Auswanderung der genannten Formbestandtheile in einem erhöhteren Maasse stattgefunden, gerade so, wie es die Beobachtungen von *Cohnheim* verlangen. Weil die Blutkörperchen nur durch grobe, dem bewaffneten Auge erkennbare Oeffnungen hindurch treten können, so liegt die Vermuthung nahe, dass die vermehrte Porosität der Wand eine der Ursachen abgab, weshalb die Menge der abgesonderten Flüssigkeit anwuchs, denn durch Oeffnungen, die ein Blutkörperchen hindurchlassen, muss doch auch das Serum des Blutes ausfliessen können; und doch scheint diese ausgesprochene Vermuthung den Angaben der vorstehenden Tabelle gemäss nicht einzutreffen. Diese zeigen nämlich mit nur zwei Ausnahmen unter acht Beobachtungen, dass der Procentgehalt des Lymphserums an festen Bestandtheilen jedesmal abnimmt, wenn an dem Gliede, dessen Nerven vorausgängig durchschnitten waren, die Unterbindung der Venen eintritt. Diese beiden Ausnahmen betreffen zudem ein Secret, welches bei der zweiten Unterbindung ausfloss, die mindestens eine Stunde nach Lösung der ersten Venenverschliessung hergestellt worden war. Darum kann meine Beobachtungsreihe als Stütze für die Behauptung gelten, dass sich mit der ersten Unterbindung der Gehalt der Lymphe an a u f g e s c h w e m m t e n Bestandtheilen vermehre, an a u f g e l ö s t e n sich dagegen mindere. Der Unterschied, welchen der Procentgehalt des Serums an festem Rückstand in der vor und der während der Venenunterbindung ausgeflossenen Lymphe darbietet, ist, was ich besonders betonen muss, zu gross, als dass er auf eine fehlerhafte Bestimmung zurückgeführt werden könnte, denn er beträgt in X 0,51, in XII 0,72, in XIII a 1,24, in XIII b 0,85 und 0,92. Diese auffallende Erscheinung beruht schwerlich auf Zufälligkeiten und namentlich kann nicht, wie man vielleicht zu glauben geneigt wäre, der zum Auspressen der Lymphe benutzte Handgriff dieselbe veranlasst haben. Denn es nimmt, wenn die Unterbindung wieder gelöst ist, die Röthung des Ausgeflossenen wieder ab, der Procentgehalt des Serums an festem Rückstand dagegen wieder zu.

Der Umstand, dass sich während der Unterbindung der Gehalt der Lymphe an aufgeschwemmten und an aufgelösten Bestandtheilen in umgekehrtem Sinne ändere, widerlegt die Annahme, dass der Weg, welchen die Blutkörperchen durch die Gefässwand nehmen, auch von der Flüssigkeit benutzt werde.

Jedenfalls muss weitaus der grösste Theil des Lymphserums Poren durchwandern, die aus irgend welchem Grunde dem Durchgang des Eiweisses einen grössern Widerstand als dem des Wassers entgegensetzen. Unseren gegenwärtigen Vorstellungen gemäss müssen diese weit enger als solche sein, durch die ein Blutkörperchen schlüpfen kann.

Nach den Mittheilungen von *Paschutin*, auf welche ich gleich zurückkommen werde, mindert sich das Rückstandsprocent im Lymphserum, wenn die Absonderungsgeschwindigkeit desselben zunimmt. Da nun während der Stauung des Venenstromes die Lymphe reichlicher gebildet wird, so könnte man meine Beobachtungen nur als einen besonderen Fall dieser allgemeinen Regel ansehen. Aber auch so würde man immer noch zu beachten haben, dass sich wiederholt, trotz mässiger Aenderungen in der Geschwindigkeit, sehr bedeutende im Gehalt an festen Bestandtheilen einstellen, woraus es allerdings den Anschein gewinnt, als ob mit der Unterbindung der Venen noch ein spezifischer Grund für die Herabsetzung des Procentgehaltes gegeben sei. Es könnte ein solcher darin bestehn, dass sich mit der Unterbindung der Venen die Flächen ändern, von welchen die Absonderung besorgt wird. Sind die Arterien gelähmt und eilt in Folge dessen das Blut durch die erweiterten Zuflussröhren in die Capillaren, so wird vorzugsweise das arterielle Ende derselben erweitert sein; sind dagegen die Venen unterbunden, so wird auch der zu diesen hingewendete Abschnitt der Capillaren bezüglich die Venenwurzeln selbst in erhöhte Spannung gerathen, welche, wie sie auch wirken mag, doch jedenfalls als der Ausgangspunkt aller späteren Veränderungen zu betrachten ist.

Wenn wir die Thatsachen, welche die Unterbindung der Venen im Gegensatz zu der Lähmung der kleinen Arterien ins Werk setzt, überblicken, so sehen wir, dass die Aenderung der Spannungen, welche in den Gefässen eintreten, nicht allein genügen, um jene begreiflich zu finden. Hiergegen spricht nicht allein der chemische Unterschied der abgesonderten Flüssigkeit, sondern auch der zeitliche Verlauf des Ansteigens und Wiederabsinkens der Absonderungsgeschwindigkeit. Denn mit dem Zubinden der Vene erreicht die Ausscheidung der Lymphe nicht sogleich ihren maximalen Werth und nach der Lösung der Umschnürung kehrt nicht sofort die Geschwindigkeit des Aus-

flusses wieder, die vor der letzteren vorhanden gewesen war. Einer späteren genaueren Analyse der bekannten und der Aufdeckung neuer Thatsachen muss es vorbehalten bleiben, eine zureichende Erklärung zu liefern.

Ehe ich in der Mittheilung der von mir gewonnenen Thatsachen weiter schreite, mag eine kleine Abschweifung gestattet sein. *Paschutin* hatte die Beobachtung gemacht, dass der feste Rückstand des Lymphserums bis zu einer nicht überschreitbaren Grenze einfach mit der Zeit zunimmt, während welcher die Absonderung auf künstlichem Wege befördert wird, dass er dagegen mit der steigenden Absonderungsgeschwindigkeit abnimmt. Bei den grossen Unterschieden der Absonderungsgeschwindigkeit, welche in meinen Beobachtungen zu Tage treten, war es der Mühe werth, sie zur Prüfung jener Erfahrung zu verwenden. Aus meinen Zahlen müsste sich also ergeben, dass von zwei Portionen Lymphe, die zu verschiedenen Zeiten mit gleicher Geschwindigkeit ausgeflossen waren, diejenige den grösseren Procentgehalt an festem Rückstand darbietet, welche später als die andere gewonnen war. Bei ungleichen Absonderungsgeschwindigkeiten war zu erwarten, dass der Einfluss dieser letzteren den Einfluss der späteren Gewinnungszeit überwiegen werde, wenn der Unterschied der ausgeflossenen Volumina ein bedeutender war, während, wenn dieser sich gering stellte, die Wirkung der Zeit bestimmend hervorzutreten hatte. Es leuchtet ein, dass der Willkür ein merklicher Spielraum bleibt, wenn man die Beobachtungen nach der gegebenen Vorschrift ordnet, weil sie keine genauern Bestimmungen über den Werth trifft, mit dem die Unterschiede in der Geschwindigkeit und ebenso die in der Zeit der Absonderung behaftet sind. Daraus folgt, dass die Regeln von *Paschutin* noch keineswegs als durchgreifend gültige anzusehen sind, wenn sich alle Beobachtungen nach den obigen Vorschriften ordnen lassen, dass dagegen ihnen gewiss keine allgemeine Geltung zukommt, wenn die Beobachtungen jener Ordnung nicht folgen. — In der That folgen nun jenen Regeln alle Beobachtungen, mit Ausnahme von vieren, die ich in der auf pag. 420 gegebenen Zusammenstellung mit einem ! bezeichnet habe. Daraus dürfte zu schliessen sein, dass die von *Paschutin* aufgestellten Regeln allerdings von grosser Bedeutung sind, dass aber neben ihnen auch noch andere Um-

stände den Gehalt des Lymphserums an festen Bestandtheilen bestimmen.

5. Die Bedingungen des Versuchs, über den in dem letzten Abschnitte berichtet wurde, lassen sich mehrfach variiren und es lässt sich erwarten, dass hierdurch neue Aufschlüsse gewonnen werden.

a. Die erste der möglichen Aenderungen, welche an dem bisher geübten Verfahren anzubringen ist, besteht darin, die Venen zu unterbinden, ohne dass vorausgängig die Nervenstämme durchschnitten waren, welche alle Theile des Lymphbezirks, die Arterie mit eingeschlossen, versorgen. Insofern man, was wohl jetzt unzweifelhaft erlaubt ist, Oedem und vermehrte Lymphbildung für gleichbedeutend erklärt, hat ja diese Anordnung des Versuchs und seine Folgen schon eine Geschichte. *Ranvier* behauptet bekanntlich, den älteren Angaben von *Lower* und *Bouillaud* entgegen, dass eine einfache Venenunterbindung noch kein Oedem erzeuge. Bei der Beurtheilung der Thatsachen, welche zur Schlichtung des Streites dienen sollen, wird man vor Allem darnach zu fragen haben, wie vollkommen der Verschluss der venösen Abzugswege gewesen sei und zwar desshalb, weil die Unterbindung der Venen zunächst wirksam zu werden scheint durch eine Ueberfüllung ihres Ursprungsbezirkes mit stauendem Blute. Eine solche kann aber ausbleiben, trotzdem dass ein bedeutender Theil der Venen eines Bezirkes unterbunden ist, wenn der Zufluss von Blut sich in so mässigen Grenzen hält, dass die wenigen noch offenen Abzugscanäle zur Entfernung desselben genügen. Dieses gilt z. B. für den Schenkel des Hundes (im Gegensatz zu dem des Menschen?) wenn ohne vorherige Durchschneidung der Gefässnerven nur die V. cruralis unterbunden wurde; ja es ist sogar, wie ich einer Privatmittheilung des Herrn Professor *W. Braune* entnehme (siehe S. 448), noch ein sehr merklicher Strom aus dem Schenkel zum Herzen des Hundes möglich, wenn die V. cava inf. unterhalb der Nieren unterbunden ist. So schien es mir denn, namentlich im Hinblick auf die Beobachtung von *Cohnheim* wünschenswerth, die Erfolge der vollkommenen Venenunterbindung zu ermitteln, ohne dass vorher eine Durchschneidung der Nerven ausgeführt war. Als der Versuch in dieser Weise modificirt wurde, ergab sich:

VIII. Durch Opium betäubt. Venen offen. In je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen	0,9. 0,7. 0,5. 0,5. 0,3. 0,3 Ccm.
Venen unterbunden. Das Auffangen der Lymphe beginnt sofort. In je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen	0,4. 0,4. 0,5. 0,5. 0,4. 0,6 Ccm.
Die Venenunterbindung bleibt nach Beendigung der letzten Beobachtung zwei Stunden hindurch bestehen. Kein Oedem. Dann werden in je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen	1,0. 0,7. 0,7. 0,7. 0,6. 0,6. 0,9 Ccm.
IX. Durch Opium betäubt. Venen offen. In je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen	0,5. 0,4. 0,3. 0,2. 0,2. 0,1 Ccm.
Venen unterbunden; kein Oedem. Die nach dem Tode vorgenommene Injection ergiebt, dass ein kleiner Verbindungszweig nicht unterbunden war. — Das Auffangen der Lymphe beginnt sofort. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,6. 0,4. 0,4. 0,35. 0,25. 0,35 Ccm.
Unterbindung gelöst	0,5. 0,3. 0,4. 0,4. 0,55. 0,6 –

Die Zahlen zeigen, dass die Unterbindung der Venen ohne vorausgängige Nervendurchschneidung zwar die Bildung der Lymphe vermehrt, aber doch nur in mässigem Grade. Oedem entsteht nicht; der Lymphstrom erweist sich somit als das feinere Kennzeichen für die Beurtheilung einer veränderten Bewegung der Gewebsäfte. Zur vollkommenen Sicherstellung des Unterschiedes, welcher mit und ohne Durchschneidung der Nerven eintritt, würde es allerdings gehören, weitere Versuche an demselben Thiere anzustellen. Da ich hierzu noch keine Zeit gefunden, so muss ich mich einer weiteren Besprechung der beachtenswerthen Thatsache enthalten.

b. Eine andere der eben beschriebenen scheinbar sehr nahe stehende Variation des Versuches besteht darin, die Venen zu unterbinden, die Nerven zu durchschneiden und darauf die Lymphe aufzufangen, einmal während der periphere Stumpf des Nerven gereizt wurde und ein anderesmal, während die Reizung

unterblieb. Zu diesem sehr lange dauernden Versuche stand mir ein kräftiger Jagdhund zu Gebote, welcher soviel Lymphe bildete, dass dieselbe auch in den Pausen zwischen je zwei Auspressungen ausfloss, als die Venen unterbunden und die Nerven nicht gereizt waren. Die tetanisirenden Inductionsschläge wurden dem peripheren Stumpfe des N. ischiadicus mittelst wohl isolirter Electroden (s. pag. 407) zugeführt. Die Inductionsströme wirkten auf den Nerven $2^1/_2$ Stunden hindurch, ohne dass der Tetanus nachgelassen und die verschwundene Pulsation der Digitalarterien sich wieder eingestellt hätte. Unter den verschiedenen Umständen verhielt sich der Lymphstrom folgendermaassen:

XIV. Durch Opium betäubt. Gewicht der Pfote 402 Gramm.

1. Nervus ischiadicus durchschnitten. Zehenpulse fehlen. Venen offen. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,8. 0,5. 0,7 Ccm.
2. Venen unterbunden; kein Oedem. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	1,2. 2,1. 2,9. 3,4. 3,2. 3,4 Ccm.
3. Venen unterbunden. Oedem tritt auf. In je 10 Minuten durch einmaliges Ausdrücken gewonnen .	1,1. 1,5. 2,3 Ccm.
4. Venen unterbunden. Der periphere Stumpf des N. ischiadicus gereizt. Tetanus der Unterschenkelmuskeln; die Digitalpulse verschwinden. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	1,6. 3,0. 2,5. 2,1. 2,2.. 2,6 Ccm.
5. Unterbindung gelöst. Der periphere Stumpf des N. ischiadicus gereizt. Tetanus. In je 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen gewonnen	1,9. 2,2 1,4. 1,5. 1,0. 1,1 Ccm.
6. Venen geschlossen. N. ischiadicus gereizt. Tetanus. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	1,5. 1,4. 1,7 Ccm.

7. Venen unterbunden. Die Reizung des peripherischen Stumpfes vom N. ischiadicus ausgesetzt. Die Digitalpulse kehren zurück. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . . . . 1,9. 1,3. 1,5. 1,9. 2,0. 2,1 Ccm.

Während der ersten Reizung des N. ischiadicus (Beobachtungszeit 4) floss die Lymphe zwar nicht so reichlich wie in der Zeit 2, die ohne Nervenreizung ablief, aber immerhin war noch ein bedeutender Strom vorhanden. Wollte man diesen auch zum Theil auf Rechnung des Oedems setzen, welches sich in der Zeit 3 gebildet hatte, so würde damit schwer in Uebereinstimmung zu bringen sein, dass die Ausflussgeschwindigkeit mit der fortschreitenden Zeit nicht abgenommen hat. Noch überzeugender für die Anschauung, dass sich während der Unterbindung der Venen trotz der bestehenden Nervenreizung die Abscheidung der Lymphe mehrt, ist Beobachtungszeit 6. Vergleicht man die in ihr gewonnenen Lymphmengen mit denen, welche Beobachtungszeit 5 lieferte, so ergiebt sich ein Uebergewicht der ersteren über die letztere, welches nur aus der Venenunterbindung zu erklären ist, da diesmal von einer Nachwirkung nicht die Rede sein kann. Durch die Vergleichung von Beobachtungszeit 6 und 7, in denen die Venen verschlossen blieben, wird der Einfluss des ungehemmten Stromes durch die Arterien deutlich dargelegt, denn in 7 steigt alsbald die ausgeflossene Lymphmenge nicht unbedeutend an, was der Anordnung des Versuches gemäss nur auf Rechnung der ausgesetzten Nervenreizung zu setzen ist. Hiermit bestätigt sich also das Ergebniss der Versuche, in welchen die Venen unterbunden, die Nerven dagegen nicht durchschnitten waren.

c. Eine dritte von den bisher eingeleiteten Modificationen wesentlich verschiedene Veränderung des Blutstromes ist dadurch möglich, dass man die ganze Gliedmaasse umschnürt. Je nach der Kraft, mit welcher die Umschnürung geschieht, und der Nachgiebigkeit der Theile, welche die grossen Gefässstämme umgeben, wird die Hemmung des Blutstromes verschieden ausfallen, jedenfalls wird sich jedoch diese letztere gleichzeitig auf den Zu- und den Abfluss erstrecken. Als bekannte Kennzeichen für den Grad einer jeden von beiden gelten die Schwellungen der Venen und der Umfang der arteriellen Pulsation unterhalb

der umschnürten Stelle. Bei der Ausführung von Versuchen mit Umschnürung legte ich diese oberhalb des Kniegelenkes an, indem ich eine starke Hanfschnur mittelst eines Knebels zusammenzog. Die birnförmige Gestalt, welche dem Querschnitt des Oberschenkels zukommt und die starken Sehnenmassen, welche unmittelbar über dem Kniegelenk gelegen sind, machten es unmöglich, die tiefern auf der Hinterfläche des Knochens liegenden Gefässe zu einem gänzlichen Verschluss zu bringen. Dies ging deutlich aus den Pulsationen hervor, die man in der Regel noch an den Arterien des Unterschenkels fühlte. Die Vorbereitungen, welche der Umschnürung des Oberschenkels vorausgingen, bestanden darin, dass entweder die Nerven, welche zu dem Unterschenkel treten, unversehrt blieben, oder dass dieselben vorausgängig durchschnitten wurden. Da die Resultate, welche die Umschnürung geliefert hat, wesentlich dieselben blieben, mochten die Nerven unversehrt oder durchschnitten sein, so lasse ich gleich alle drei Versuche folgen, in welchen die Lymphe nach Unterbindung des Oberschenkels aufgefangen wurde.

II. Mit Opium betäubt. Normalversuch. In je 10 Min. durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen . .	0,33 Ccm.
Unmittelbar nach Anlegung des Knebels in 10 Minuten durch zweimaliges Auspressen	3,0 -
30 Minuten nach Anlegung des Knebels. Oedem. In je 10 Minuten	2,4 -
30 Minuten später. In je 10 Min.	2,5 -
Umschnürung gelöst. In 10 Min. durch zweimaliges Auspressen . .	1,5. 0,85. 0,35. 0,35. 0,2. 0,1 Ccm
III. Mit Opium betäubt. Normalversuch. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken	1,4. 0,4. 0,1. 0,3. 0,3. 0,1. 0,3 -
Umschnürung. Das Auffangen beginnt eine Stunde nach Anlegung derselben. Oedem. Während des Ausfliessens nimmt das Oedem merkbar ab. In je 10 Minuten durch zweimaliges Ausdrücken des Gliedes	1,7. 1,1. 0,6 Ccm.
Die Umschnürung gelöst. Nach einer Stunde wieder angelegt und 45 Minuten nach Anlegung wieder	

aufgefangen. Oedem. In je 10 Min. durch zweimaliges Auspressen . .	1,6. 1,3. 2,1 Ccm.
Die Umschnürung gelöst. In je 10 Min. durch zweimal. Auspressen	1,1 0,9. 1,0. 0,6. 0,3. 0,3 Ccm.
IV. Mit Opium betäubt. Normalversuch. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,1. 0,15 Ccm.
Umschnürung. Sofort wird in je 10 Min. durch zwei Auspressungen gewonnen	0,1. 0,5. 0,4. 0,35. 0,45. 0,4 Ccm.
Die Umschnürung gelöst. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,25. 0,05. 0,2. 0,12. 0,23. 0,15 -
V. Durch Opium betäubt. Nerven in der Höhe des Knies durchschnitten. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen erhalten	0,6. 0,3. 0,4. 0,3. 0,3. 0,4 Ccm.
Umschnürt. Pulse verschwinden. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,3. 0,2. 0,35. 0,1. 0,06. 0,1 Ccm.
Umschnürung gelöst. Die Digitalpulse kehren wieder. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen gewonnen	0,6. 0,9. 0,7 Ccm.
VI. Durch Opium betäubt. Normalversuch. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,6. 0,3. 0,6 Ccm
N. tibialis ant. durchschnitten In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,4. 0,4. 0,7. 0,3. 0,5. 0,6 Ccm.
Umschnürung. In je 10 Minuten durch zwei Auspressungen	0,7. 0,4. 0,2 Ccm.
Lösung der Umschnürung. In je 10 Min. durch zwei Auspressungen	0,3. 0,5. 0,3 -

Diese Beobachtungen lehren, dass die Ausscheidung der Lymphe jedesmal vermehrt ist, nachdem der Oberschenkel umschnürt worden war, und dass in einzelnen Fällen sogar Oedem eintritt. Der Zuwachs, welchen die Geschwindigkeit der Lymphe empfängt, steht ungefähr in gleicher Höhe mit demjenigen, welchen die Unterbindung der Venen hervorbrachte, wenn keine Lähmung der Arterienwand erzeugt worden war. Dieses Resultat ist beachtenswerth, weil es nachweist, dass sich die Ausschei-

dung der Lymphe vermehren kann, trotzdem dass die Zufuhr von arteriellem Blute zu dem absondernden Bezirke bedeutend herabgesetzt ist. So zeigt sich also von neuem, dass eine Hemmung in den Abzugswegen von viel grösserer Bedeutung für die Ausscheidung der Lymphe ist, als Aenderungen in der Stärke des arteriellen Stromes.

Die Wirkungen, welche die Umschnürung des Oberschenkels auf die Bildung der Lymphe ausübte, wurden nach Durchschneidung der Nerven nicht grösser, als sie vor derselben gewesen waren. Somit ergiebt sich, dass die Erfolge, welche die Durchschneidung unter Umständen nach sich zieht, nur von dem vermehrten Strome abhängig sind, welcher nach jener Operation durch die Arterien fliesst, nicht aber etwa davon, dass die Wand für den Durchtritt seröser Flüssigkeit selbst geeigneter wird.

Wenn der Oberschenkel von seiner Umschnürung befreit war, so hielt noch einige Zeit hindurch der stärkere Ausfluss von Lymphe an, welcher während der Anwesenheit des Knebels bestanden hatte, das Oedem dagegen, welches durch die Umschnürung hervorgerufen war, verschwand ziemlich rasch. Jene Nachwirkung erinnert an eine Beobachtung, welche *Cohnheim* unter ähnlichen Umständen am Ohr des Kaninchens gemacht hat, dessen Wurzel längere Zeit hindurch so fest umschnürt gewesen war, dass der Blutstrom in seinen Gefässen vollständig stillstand. Wenn die Ligatur des Kaninchenohrs gelöst worden war, so entwickelte sich alsbald ein Oedem. Der qualitative Unterschied, welcher zwischen den Wirkungen der Massenunterbindung am Ohr des Kaninchens und am Unterschenkel des Hundes bleibt, dürfte darin begründet sein, dass die völlige Stockung des Blutstromes, die am ersteren leicht herbei geführt werden kann, an dem letzteren nicht zu bewirken ist. So mögen denn überhaupt die mancherlei Abweichungen, welche die einzelnen, in der vorstehenden Zusammenstellung aufgeführten Versuche von einander zeigen, darin begründet sein, dass in dem einen die Ligatur intensiver auf die Aenderung des Blutstroms wirkte als in dem andern.

d. Nachdem ich verschiedene Variationen in der Stärke des zufliessenden Stromes bei normalen und veränderten Eigenschaften in dem Bette des abfliessenden ausgeführt, hätte es zunächst erübrigt, auch noch die Veränderungen in der Lymphbildung zu untersuchen, während dem abfliessenden Strome ver-

schiedene Grade von Widerständen entgegengesetzt wurden (s. p. 397). Zur Ausführung fehlte es mir leider an Zeit und Material. Einer Abnormität von dem gewöhnlichen Verlaufe der Venen verdanke ich jedoch die Möglichkeit, einen Versuch, der in ganz anderer Absicht unternommen war, als ein Beispiel anzuführen, das in die eben angedeutete Versuchsreihe gehören würde.

In den nachstehenden Beobachtungen glaubte ich nämlich alle Venen, welche das Blut aus der Pfote zurückführen, unterbunden zu haben. Bei der nach dem Tode vorgenommenen Injection zeigte es sich jedoch, dass noch mehrere, wenn auch kleine Verbindungen zwischen den Venen des Unter- und Oberschenkels bestanden, durch welche die in eine Digitalvene eingespritzte Leimmasse in die V. cruralis gelangte.

XV. Durch Opium betäubt. Gewicht der Pfote 334 Gr. Normalversuch. In je 10 Minuten wurde durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,8. 0,5. 0,3. 0,3. 0,1. 0,15 Ccm.
N. ischiadic. durchschnitten. Die Pulse der Digitalarterien treten hervor. In je 10 Minuten wurde durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,2. 0,1. 0,15. 0,15. 0,2. 0,2 Ccm.
Der peripherische Stumpf des N. ischiadicus gereizt. Die Digitalpulse verschwinden. Die Pfote wird kühl. Tetanus der Muskeln des Unterschenkels. In je 10 Minuten wurde durch zweimaliges Ausdrücken gewonnen	0,2. 0,15. 0,25. 0,2. 0,1. 0,2 Ccm.
Venen unterbunden. Die Reizung des N. ischiadicus unterbleibt. In je 10 Minuten wurde durch zweimaliges Auspressen gewonnen . . .	0,1. 0,15. 0,15. 0,2. 0,2. 0,3 Ccm.
Bei der nachfolgenden Section ergab sich, dass wegen abweichenden Verlaufes der Venen noch drei Abflusswege offen geblieben waren.	

Die Durchschneidung des N. ischiadicus hatte bei diesem Thiere den gewöhnlichen arteriellen Strom erweitert, was aus dem Erscheinen der Digitalpulse und der Erwärmung der Pfote hervorging, dennoch blieb die nachfolgende Unterbindung des

grössten Theils der venösen Bahnen vollkommen wirkungslos für die Bildung der Lymphe. Sollte sich dieses Ergebniss bei späteren Versuchen mit theilweiser Verschliessung der Venen wiederfinden, so würde dasselbe auf die Orte, an welchen die Lymphbildung vor sich geht, Licht werfen; denn auch in dem hier mitgetheilten Falle mussten doch in vielen Venenwurzeln Stockungen des Stromes und somit die Bedingungen vorhanden gewesen sein, auf welche an einer früheren Stelle dieser Abhandlung die Verschiedenheit in den Wirkungen des gesteigerten arteriellen und des gehemmten venösen Stromes bezogen wurde. Möglicherweise gehört aber dieser Versuch gar nicht in die Kategorie, in welche ich ihn gestellt habe; denn das Thier war alt und abgetrieben (ein Zugthier), sodass die Lymphbildung bei ihm überhaupt zu keiner grossen Entfaltung gelangen konnte.

Was wäre nun aus den Versuchen, deren Resultate in dieser Abhandlung mitgetheilt sind, für die Bildung der Lymphe unter den gewöhnlichen Verhältnissen des Lebens in solchen Theilen zu schliessen, die ähnlich den unseren gebaut, durchströmt und innervirt sind? Ohne Gefahr einen Fehler zu begehen, wird man wohl behaupten dürfen, dass in der cutis und in ihrem Fettpolster während einer Lage, bei der ihr Venenblut ohne jegliche Behinderung abfliessen kann, nur äusserst wenig, ja vielleicht gar keine Lymphe erzeugt wird; dieses wird gelten, gleichgültig wie auch der Strom des arteriellen Blutes zu den genannten Theilen beschaffen sein mag.

Augenblicklich wird sich aber die Neubildung von Lymphe entwickeln, entweder, wenn das elastische Gleichgewicht der Gewebstheile zu einander gestört, oder wenn dem Abfluss des Venenblutes irgend welches Hinderniss entgegengesetzt wird. Je nachdem das eine oder andere Ereigniss eintritt, gewinnt nun auch das verschiedene Verhalten des arteriellen Blutstromes seine eigenthümliche Bedeutung; denn es ist aus den Versuchen an der Pfote des Hundes zu schliessen, dass die aus ihr hervorgedrückte Lymphe gerade nur wieder ersetzt wird; unabhängig davon, ob die Arterien, welche zu dem ausgedrückten Bezirke gehen, ungewöhnlich viel oder ungewöhnlich wenig Blut führen. Tritt dagegen dem Abfluss des venösen Blutes ein Hemmniss entgegen, so wird jetzt die Lymphbildung zwar unter allen Um-

ständen wachsen, aber der Umfang, in dem dieses geschieht, wird nun wesentlich von dem Zustande der arteriellen Gefässwand abhängen, indem die Absonderung auffallend vermehrt wird, wenn die ausgedehnten Arterien das Blut reichlicher herbeischaffen.

Ob die Schlüsse aus den Versuchen an dem von mir gewählten Beobachtungsobjecte auf den Menschen vollständig zu übertragen sind, muss die Erfahrung an Fisteln der Lymphgefässe lehren, die bei Menschen bisweilen beobachtet werden. Als den wesentlichen Gewinn für die Aufklärung der Bedingungen, unter denen die Bildung der Lymphe beim Menschen vor sich geht, betrachte ich die Aufstellung der soeben mitgetheilten Gesichtspunkte, unter welchen zukünftig die Untersuchungen an Fisteln der Lymphgefässe auszuführen sind.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. Die Lymphgefässe der Hundepfote. Venen roth, Lymphgefässe blau.

Taf. II. Die Venen der Hinterextremität. Art. roth, Venen blau, Lymphgefässe schwarz (neben der V. saph. parva).

Die Figur zur Linken stellt die an der Innenfläche des Unterschenkels verlaufende V. saph. magna, die Figur zur Rechten die an der Aussenfläche verlaufende V. saph. parva und die an der Vorderfläche unter den Muskeln aufsteigende doppelte V. tibialis antica in ihrem Verhältniss zu den Knochen und den Weichtheilen dar.

Versuch I.

Grosser junger Jagdhund

mit Opium betäubt.

Die Extremität wird mit der Hand im Sprung- und Fussgelenk bewegt und die Zehenballen gedrückt, sowie längs des Verlaufs der Lymphgefässe gestrichen.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Verhalten d. Extrem.	Bemerkungen
1	5	1,0 CC.	Ruhe	Lymphe klar farblos.
2	10	1,0 »	»	
3	15	1,0 »	»	
4	20	1,0 »	»	
5	25	1,0 »	»	
6	30	1,0 »	»	
7	35	1,0 »	Druck alle 5 Min.	
8	40	1,15 »	»	
9	45	1,6 »	»	Umschnürung über d. Knie.
10	50	1,6 »	Ruhe	
11	55	1,6 »	»	
12	60	1,6 »	»	Lymphe am Schluss etwas blutig, geringe Gerinnselbildung.

Versuch II.

Grosser Fleischerhund

mit Opium betäubt.

Bei Druck auf den Lymphbezirk von 5 zu 5 Min. entleeren sich in 10 Min. 0,33 CC. Lymphe,

nach Umschnürung der Extremität unter denselben Bedingungen des Druckes in 10 Min. 3,0 CC. Lymphe (vorausgängige Bestimmung).

1) Während der Umschnürung.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Verhalten d. Extrem.	Bemerkungen
1	5	1,6 CC.	Druck alle 5 Min.	Lymphe klar, leicht gelblich.
2	10	2,4 »	»	
3	15	3,0 »	»	
4	20	3,1 »	Ruhe	
5	25	3,1 »	»	Oedem der Extrem.
6	30	3,1 »	»	
7	35	4,9 »	Druck alle 5 Min.	
8	40	5,6 »	»	
9	45	6,0 »	»	Lymphe am Schluss rothgelb, mehrere Gerinnsel führend, klar.

2) Unmittelbar nach Lösung der Umschnürung bei Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Bemerkungen
1	5	0,4 CC.	Lymphe rothgelb, etwas getrübt.
2	10	0,65 »	
3	15	0,9 »	
4	20	1,5 »	
5	25	1,65 »	
6	30	1,85 »	Anfangs noch Oedem der Extrem., im Verlaufe der Beobachtung verschwindet es allmählich.
7	35	2,0 »	
8	40	2,2 »	
9	45	2,25 »	
10	50	2,4 »	
11	55	2,5 »	
12	60	2,5 »	Lymphe am Schluss stark blutig gefärbt, getrübt mehrere Gerinnsel führend.

Versuch III.

Grosser Jagdhund

mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,4 CC.		Lymphe klar hellgelb.
2	20	1,8 »		
3	30	1,9 »		
4	40	2,2 »	3,35	
5	50	2,5 »		
6	60	2,6 »		
7	70	2,9 »		Lymphe am Schluss klar hellgelb, spurenweise Gerinnung.

2) Während Umschnürung, die seit 1 Stunde besteht.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,7 CC.		Lymphe röthlich getrübt.
2	20	2,8 »	3,30	Anfangs Oedem der Extremität, welches im Verlauf der Beobacht. rasch abnimmt.
3	30	3,4 »		Lymphe am Schluss rothgelb getrübt, stark geronnen.

Das Thier bleibt ohne Umschnürung eine Stunde ruhig liegen; nach Ablauf dieser Zeit wird abermals umschnürt. Nach 45 Minuten ist deutliches Oedem eingetreten. Beginn der Beobachtung um diese Zeit.

3)

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,6 CC.		Lymphe röthlich trüb.
2	20	2,9 »	2,27	Oedem langsam abnehmend.
3	30	5,0 »		Lymphe am Schluss trüb roth, stark geronnen.

4) Die Umschnürung gelöst.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,1 CC.		Lymphe roth trüb.
2	20	2,0 »		
3	30	3,0 »	3,21	Oedem allmählich ganz verschwindend
4	40	3,6 »		
5	50	3,9 »		
6	60	4,2 »		Lymphe am Schluss roth trüb, stark geronnen.

Versuch IV.

Grosser Fleischerhund

mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Bemerkungen
1	10	0,1 CC.	Lymphe klar farblos.
2	20	0,25 »	Lymphe am Schluss gelblich klar, mässige Gerinnung.

2) Extremität umschnürt, Beginn der Beobachtung gleich nach der Umschnürung.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Bemerkungen
1	10	0,1 CC.	Lymphe klar farblos.
2	20	0,6 »	
3	30	1,0 »	Hautwunde blutet etwas, kein Oedem der Pfote.
4	40	1,35 »	
5	50	1,8 »	
6	60	2,2 »	Lymphe am Schluss gelblich klar, mässige Gerinnung.

3) Umschnürung gelöst.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Bemerkungen
1	10	0,25 CC.	Lymphe klar, röthlich gelb.
2	20	0,3 »	
3	30	0,5 »	
4	40	0,62 »	
5	50	0,85 »	
6	60	1,0 »	Lymphe am Schluss klar, nicht geronnen.

Versuch V.

Mittelgrosse Dogge
mit Opium betäubt.

N. tibialis u. peron. durchschnitten: der Fuss erwärmt sich, die kleinen Zehenarterien pulsiren.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.		Lymphe klar gelblich.
2	20	0,9 »		
3	30	1,3 »	4,31	
4	40	1,7 »		
5	50	2,0 »		
6	60	2,4 »		Lymphe am Schluss röthlich trüb, stark geronnen.

2) Extremität umschnürt: rasche Abkühlung der Pfote, keine Pulse der Zehenarterie mehr, kein Puls der Art. tibialis.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,3 CC.		Lymphe leicht getrübt röthlich.
2	20	0,5 »		
3	30	0,85 »	4,66	
4	40	0,95 »		
5	50	1,1 »		
6	60	1,2 »		Lymphe am Schluss trüb blutig gefärbt, stark gerinnend.

3) Umschnürung gelöst: Pfote wieder warm, Pulse wieder vorhanden.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.		Lymphe stark blutig gefärbt, trüb.
2	20	1,5 »	5,48	
3	30	2,2 »		Lymphe am Schluss blutig stark gerinnend trüb.

Versuch VI.

Mittelgrosser Hund,
keine Narkose.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.		Lymphe klar farblos.
2	20	0,9 »	2,66	
3	30	1,5 »		Lymphe am Schluss klar gelblich, spurenweise geronnen.

2) Durchschneidung des N. tibialis: rasche Erwärmung, keine Pulsation der Zehenarterien.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,4 CC.	5,65	Lymphe klar gelblich.
2	20	0,8 »		
3	30	1,5 »		
4	40	1,8 »		
5	50	2,3 »		
6	60	2,9 »		Lymphe am Schluss klar gelbröthlich, stark geronnen.

3) Umschnürung der Extremität: Abkühlung der Pfote, Art. tibialis pulsirt noch.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,7 CC.	3,11	Lymphe klar röthlich.
2	20	1,1 »		Capillarblutung aus der Hautwunde.
3	30	1,6 »		Lymphe am Schluss röthlich etwas getrübt, stark geronnen.

4) Lösung der Umschnürung: Pfote wieder warm.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,3 CC.	3,41	Lymphe getrübt roth, stark gerinnend.
2	20	0,8 »		
3	30	1,1 »		Lymphe am Schluss roth, stark geronnen trüb.

Versuch VII.

Mittelgrosser Hund

mit Opium betäubt.

Durchschneidung des N. tibialis: Pfote warm, Pulsation der Zehenarterien.

Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Bemerkungen
1	10	0,2 CC.	Lymphe klar farblos, Spur von Gerinnung.
2	20	0,4 »	
3	30	0,6 »	
4	40	0,8 »	
5	50	0,9 »	
6	60	1,1 »	
7	70	1,3 »	
8	80	1,45 »	
9	90	1,6 »	Lymphe am Schluss wenig getrübt, wenig gerinnend gelblich.

Es werden die Venen der Extremität unterbunden und zwar

V. cruralis an der Eintrittstelle in den Schenkelring,

V. ischiadica unter d. Lig. sacrotuberosum.

Der Lymphstrom stockt vollkommen, eine derbe ödematöse Anschwellung in der Umgebung der Canüle entsteht. Die Pfote ist nicht angeschwollen.

Nach einer Stunde: noch kein Lymphausfluss beim Druck, die Pfote nicht angeschwollen, die Anschwellung in der Nähe der Canüle umfänglicher, derber.

Nach zwei Stunden: kein Lymphausfluss beim Druck, keine Schwellung der Pfote, die örtliche Anschwellung noch umfänglicher und fester.

Die Section ergiebt, dass eine Communication der V. ischiadica mit der V. cruralis besteht, indem eine Vene vom unterbundenen Theil der ersteren entspringend durch die Adductoren verläuft und im Schenkelring in die Cruralis mündet.

Im Lymphgefäss sass ein Gerinnsel, dessen Centrum ein wahrscheinlich von der Kuppe der Reinigungsborste abgelöstes Häutchen bildete.

Versuch VIII.

Mittelgrosser Hund

mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,9 CC.	2,46	Lymphe klar farblos.
2	20	1,6 »		
3	30	2,1 »		
4	40	2,6 »		
5	50	2,9 »		
6	60	3,2 »		Lymphe am Schluss gelblich leicht getrübt, nicht geronnen.

2) Unterbindung der Venen (saph. magna u. parva, tibial): Pfote kühl und cyanotisch.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,4 CC.	2,87	Lymphe klar gelblich. Blutung u. Lymphausfluss aus d. Hautwunden, kein Oedem. Lymphe am Schluss getrübt röthlichgelb, wenig gerinnend.
2	20	0,8 »		
3	30	1,3 »		
4	40	1,8 »		
5	50	2,2 »		
6	60	2,8 »		

3) Zwei Stunden später, die Venen sind noch unterbunden: die Hautwunde lympht und blutet etwas. Haut der Pfote geröthet mit einem Stich in's Bläuliche, derber als auf der andern Seite; kein ausgesprochenes Oedem. Berührung der Haut schmerzt.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,0 CC.	2,39	Lymphe röthlich, etwas getrübt. Blutung u. Lymphausfluss aus d. Hautwunde, d. Haut d. Pfote röthet sich stärker währ. d. schmerzh. Manipulationen. Lymphe am Schluss blutig getrübt, stark geronnen.
2	20	1,7 »		
3	30	2,4 »		
4	40	3,0 »		
5	50	3,6 »		
6	60	4,5 »		

Versuch IX.

Mittelgrosser Hund
mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,5 CC.	1,82	Lymphe klar farblos, rasch gerinnend.
2	20	0,9 »		
3	30	1,2 »		
4	40	1,4 »		
5	50	1,6 »		
6	60	1,7 »		Lymphe am Schluss gelblich getrübt, stark geronnen.

2) Venen unterbunden: Pfote cyanotisch, kühl.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.	2,10	Lymphe etwas getrübt röthlich, rasch gerinnend. Lymphausfluss aus den Hautwunden. Lymphe am Schluss trüb roth, stark geronnen.
2	20	1,0 »		
3	30	1,4 »		
4	40	1,75 »		
5	50	2,0 »		
6	60	2,25 »		

3) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,5 CC	4,00	Lymphe röthlich klar, wenig gerinnend.
2	20	0,8 »		
3	30	1,2 »		
4	40	1,6 »		
5	50	2,15 »		
6	60	2,75 »		Lymphe am Schluss trüb röthlich, stark geronnen.

Die Section nach vorheriger Injection von einer Zehenvene aus ergiebt, dass eine kleine zwischen Tibia und Fingerstreckern gelegene Vene nicht unterbunden war. Sie mündete in die V. tibialis oberhalb der Ligaturstelle.

Versuch X.

Mittelgrosse Dogge
mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.	4,13	Lymphe klar farblos.
2	20	1,0 »		
3	30	1,3 »		Lymphe am Schluss gelblich klar, wenig gerinnend.

2) Durchschneidung des N. ischiadicus: starke arterielle Blutung, Pfote heiss, keine Pulsation.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,2 CC.	3,62	Lymphe klar gelblich, rasch gerinnend.
2	20	0,4 »		
3	30	0,55 »		Lymphausfluss aus d. Wunden, Oedem an der Ferse.
4	40	0,8 »		
5	50	1,0 »		
6	60	1,25 »		Lymphe am Schluss getrübt gelbröthlich, stark geronnen.

3) Unterbindung der Venen.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,8 CC.	3,14	Lymphe gelbroth getrübt, mässig gerinnend.
2	20	1,4 »		
3	30	1,9 »		Oedem der Ferse und Lymphausfluss aus den Wunden nehmen zu.
4	40	2,5 »		
5	50	3,0 »		
6	60	3,4 »		Lymphe am Schluss blutig gefärbt trüb, stark geronnen.

4) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,2 CC.	3,20	Lymphe hellgelb klar, leicht gerinnend.
2	20	0,4 »		
3	30	0,65 »		Oedem der Ferse nimmt ab.
4	40	0,8 »		
5	50	0,9 »		
6	60	1,1 »		Lymphe am Schluss gelb etwas getrübt, stark gerinnend.

5) Venen zugebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,7 CC.	4,19	Lymphe röthlich gelb getrübt, stark gerinnend.
2	20	1,1 »		
3	30	1,6 »		Lymphe am Schluss röthlich trüb, stark geronnen.

Versuch XI.

Sehr grosser Hund

mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min	Lymphmenge.	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,2 CC.	2,26	Lymphe klar farblos, stark gerinnend.
2	20	2,0 »		
3	30	2,6 »		Geringer Lymphausfluss aus den Wunden.
4	40	3,1 »		
5	50	3,6 »		
6	60	4,0 »		Lymphe am Schluss klar gelblich, gleichmässig geronnen.

2) Durchschneidung des Ischiadicus: Pfote warm, Pulsation der Zehenarterien.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,8 CC.		Lymphe klar gelblich, wenig gerinnend.
2	20	1,5 »		
3	30	1,9 »	2,12	Geringer Lymphausfluss aus d. Wunde.
4	40	2,3 »		
5	50	2,75 »		
6	60	3,1 »		Lymphe am Schluss klar gelblich, wenig geronnen.

3) Unterbindung der Venen: Pfote heiss und turgescirend.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,6 CC.		Lymphe getrübt gelb, mässig gerinnend.
2	20	3,3 »		
3	30	5,0 »	2,10	Es entwickelt sich starkes Oedem der Pfote. Lymphausfluss aus d. Wunden.
4	40	7,0 »		
5	50	8,2 »		
6	60	10,3 »		Lymphe am Schluss blutig, stark geronnen, trüb.

4) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	2,2 CC.		Lymphe getrübt röthlich, stark gerinnend.
2	20	3,6 »		
3	30	5,0 »	2,36	Oedem nimmt ab.
4	40	6,3 »		
5	50	7,5 »		
6	60	8,7 »		Lymphe am Schluss blutig trüb, stark geronnen.

5) Venen offen.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,2 CC.		Lymphe klar gelb röthlich, wenig gerinnend.
2	20	2,2 »		
3	30	3,3 »	2,87	Oedem verschwindet ganz.
4	40	4,2 »		
5	50	5,0 »		
6	60	5,8 »		Lymphe am Schluss gelblichroth trüb, wenig geronnen.

Versuch XII.

Sehr grosser Fleischerhund

mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,4 CC.		Lymphe klar farblos.
2	20	0,75 »	2,07	
3	30	1,2 »		Lymphe am Schluss klar farblos, wenig gerinnend.

2) Durchschneidung des Ischiadicus mit Schonung der Aeste für den Biceps femoris: Pfote warm, keine Pulsationen.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,3 CC.		Lymphe klar farblos.
2	20	0,5 »		
3	30	0,75 »	3,34	
4	40	1,0 »		
5	50	1,2 »		
6	60	1,45 »		Lymphe am Schluss klar farblos, wenig geronnen.

3) Unterbindung der Venen: Pfote turgescirend.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,6 CC.		Lymphe klar röthlich.
2	20	3,4 »		
3	30	4,9 »	2,62	Es entwickelt sich starkes Oedem, die Wunde blutet und lympht.
4	40	5,5 »		
5	50	7,2 »		
6	60	8,9 »		Lymphe am Schluss getrübt roth, stark geronnen.

4) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	2,2 CC.		Lymphe rothgelb trüb, rasch gerinnend.
2	20	4,3 »		
3	30	5,6 »	2,79	Oedem abnehmend.
4	40	6,6 »		
5	50	7,4 »		
6	60	8,2 »		Lymphe am Schluss rothgelb, stark geronnen.

5) Venen offen.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,6 CC.		Lymphe wenig getrübt rothgelb, wenig gerinnend.
2	20	1,3 »		
3	30	1,8 »	3,95	Oedem verschwindet.
4	40	2,2 »		
5	50	2,4 »		
6	60	2,7 »		Lymphe röthlichgelb klar, wenig gerinnend.

6) Venen offen.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,3 CC.		Lymphe röthlichgelb klar, wenig gerinnend.
2	20	0,7 »		
3	30	1,3 »	2,20	
4	40	1,8 »		
5	50	2,2 »		
6	60	2,5 »		Lymphe am Schluss klar rothgelb, stark geronnen.

Versuch XIII.

Grosser Fleischerhund
mit Opium betäubt.

1) Durchschneidung des Ischiadicus mit Schonung der Aeste für den Biceps femoris: Pfote heiss, Zehenpulse.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen.
1	10	1,9 CC.	Druck alle 5 Min.	2		Lymphe farblos klar, rasch gerinnend.
2	20	3,6 »	»	1	5,16	
3	30	5,2 »	»	1		Lymphe am Schluss röthlichgelb getrübt, stark ger.
4	40	0,8 »	Druck alle 10 Min.	3		Lymphe klar röthlichgelb, rasch gerinnend.
5	50	1,5 »	»	2	4,07	
6	60	2,0 »	»	3		Lymphe am Schluss röthlichgelb getrübt, stark ger.

2) Venen zugebunden: Pfote turgescirend.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen.
1	10	1,5 CC.	Druck alle 5 Min.	1		Lymphe blutig getrübt, nicht gerinnend.
2	20	3,6 »	»	2	3,92	Schwellg d. Pfote nimmt zu.
3	30	5,9 »	»	4		Lymphe am Schluss rothgelb getr., stark gerinnend.
4	40	2,0 »	Druck alle 10 Min.	4		Lymphe roth trüb, rasch gerinnend.
5	50	4,1 »	»	7	3,22	Schwellung nimmt zu.
6	60	6,2 »	»	11		Lymphe am Schluss blutig trüb, stark gerinnend.

3) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen.
1	10	2,0 CC.	Druck alle 5 Min.	5		Lymphe roth trüb.
2	20	3,4 »	»	4	3,22	Pfote schwillt ab.
3	30	4,4 »	»	5		Lymphe am Schluss roth trüb, wenig geronnen.
4	40	1,0 »	Druck alle 10 Min.	2		Lymphe roth trüb.
5	50	1,6 »	»	0	4,18	
6	60	2,2 »	»	1		Lymphe am Schluss roth trüb, wenig geronnen.

4) Venen zugebunden: Pfote turgescirend.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen.
1	10	1,2 CC.	Druck alle 5 Min.	3		Lymphe rothgelb trüb, stark gerinnend.
2	20	2,8 »	»	5	4,38	Pfote schwillt an
3	30	4,4 »	»	3		Lymphe am Schluss rothgelb trüb, stark geronnen.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
4	40	1,4 CC.	Druck alle 10 Min.	3	3,26	Lymphe rothgelb trüb, stark gerinnend.
5	50	3,0 »	»	4		Schwellung nimmt zu.
6	60	5,1 »	»	6		Lymphe am Schluss roth trüb, stark geronnen.

5) Venen aufgebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Verhalten der Extrem.	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
			Druck alle			
1	10	2,6 CC.	5 Min.	4	3,01	Lymphe röthlichgelb klar.
2	20	4,3 »	»	4		Pfote schwillt ab.
3	30	5,8 »	»	2		Lymphe am Schluss rothgelb trüb, mässig geronnen.
			Druck alle			
4	40	0,6 »	10 Min.	0	3,43	Lymphe rothgelb klar, wenig gerinnend.
5	50	0,9 »	»	1		
6	60	1,3 »	»	0		Lymphe am Schluss rothgelb klar, wenig gerinnend.

Versuch XIV.

Grosser Jagdhund

mit Opium betäubt.

1) N. ischiadicus durchschnitten: Pfote warm, Zehenpulse.

Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,8 CC.	0	2,72	Lymphe klar farblos, rasch gerinnend.
2	20	1,4 »	0		
3	30	2,1 »	0		Lymphe am Schluss klar farblos, stark geronnen.

2) Venen unterbunden: Pfote turgescirend.

Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,2 CC.	1	2,42	Lymphe klar farblos.
2	20	3,3 »	4		
3	30	6,2 »	3		Pfote schwillt langsam an.
4	40	9,6 »	5		
5	50	12,8 »	3		
6	60	16,2 »	5		Lymphe am Schluss gelblich trüb, mässig geronnen.

3) Venen noch unterbunden.

Druck von 10 zu 10 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymph-menge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,1 CC.	2	2,30	Lymphe trub röthlich.
2	20	2,6 »	3		Pfote angeschwollen.
3	30	4,9 »	4		Lymphe am Schluss trub röthlich, mässig geronnen.

4) Venen noch unterbunden.

N. ischiadicus am peripherischen Stumpf gereizt (Induct. Strom 33 Cm. Rollenabst.); sofort Tetanus, Pulse im Bereich der N. isch. nicht zu fühlen.

Während des Versuchs wird das Bein öfter spontan bewegt (N. cruralis).

Druck von 5 zu 5 Min., ebenso in allen folgenden Versuchabschnitten.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	5	1,2 CC.	0		Lymphe röthlich trüb.
2	10	1,6 »	0		
3	15	2,6 »	0		
4	20	4,6 »	1		
5	25	5,7 »	0		
6	30	7,1 »	2	2,12	
7	35	8,2 »	1		
8	40	9,2 »	2		
9	45	10,4 »	1		
10	50	11,4 »	2		
11	55	12,8 »	3		Lymphe am Schluss röthlich trüb,
12	60	14,0 »	2		mässig gerinnend.

5) Venen aufgebunden

N. ischiadicus gereizt: Erfolge wie vorher.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	5	1,1 CC.	0		Lymphe röthlich klar.
2	10	1,9 »	0		
3	15	2,6 »	1		
4	20	3,3 »	0		
5	25	4,0 »	0		
6	30	4,7 »	0	2,19	
7	35	5,2 »	0		
8	40	5,8 »	0		
9	45	6,3 »	0		
10	50	6,8 »	0		
11	55	7,4 »	0		Lymphe am Schluss röthlich klar,
12	60	7,9 »	0		wenig gerinnend.

6) Venen unterbunden

N. Ischiad. gereizt: Erfolge wie vorher.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	5	0,8 CC.	0		Lymphe klar rothlich.
2	10	1,5 »	0		
3	15	2,3 »	0	2,19	
4	20	2,9 »	0		
5	25	3,4 »	0		Lymphe am Schluss wenig trüb
6	30	4,2 »	0		röthlich, wenig gerinnend.

7) Reizung ausgesetzt: Pfote warm, Zehenpulse.

Venen noch unterbunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Zahl der spontan. Tropfen	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	1,9 CC.	1		Lymphe röthlichgelb trüb.
2	20	3,4 »	1		
3	30	4,9 »	0	2,07	
4	40	6,8 »	1		
5	50	8,8 »	1		Lymphe am Schluss röthlich trüb,
6	60	10,9 »	0		mässig geronnen.

Versuch XV.

Grosser Schäferhund
mit Opium betäubt.

1) Druck von 5 zu 5 Min.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,8 CC.	4,66	Lymphe klar farblos.
2	20	1,3 »		
3	30	1,6 »		
4	40	1,9 »		
5	50	2,0 »		
6	60	2,15 »		Lymphe am Schluss klar gelblich, eine Spur von Gerinnung.

2) N. ischiadicus durchschnitten: Pfote warm, Zehenpulse.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,2 CC.	4,97	Lymphe klar farblos.
2	20	0,3 »		
3	30	0,45 »		
4	40	0,6 »		
5	50	0,8 »		
6	60	1,0 »		Lymphe am Schluss klar gelblich, wenig gerinnend.

3) N. ischiadicus am peripherischen Stumpf gereizt (33 Cm. Rollenabst.) sofort Tetanus, Zehenpulse verschwunden, Puls der Cruralis noch vorhanden aber klein, leer, hoch; Pfote kühl.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,2 CC.	5,86	Lymphe klar farblos.
2	20	0,35 »		
3	30	0,6 »		
4	40	0,8 »		
5	50	0,9 »		
6	60	1,1 »		Lymphe am Schluss klar farblos.

4) Reizung des Ischiad. ausgesetzt: Pfote warm, Zehenpulse. Venen zugebunden.

No.	Zeit in Min.	Lymphmenge	Feste Theile %	Bemerkungen
1	10	0,1 CC.	4,98	Lymphe röthlich getrübt.
2	20	0,25 »		
3	30	0,4 »		
4	40	0,6 »		
5	50	0,8 »		
6	60	1,1 »		Lymphe am Schluss röthlich, wenig geronnen trüb.

Die Section weist nach, dass

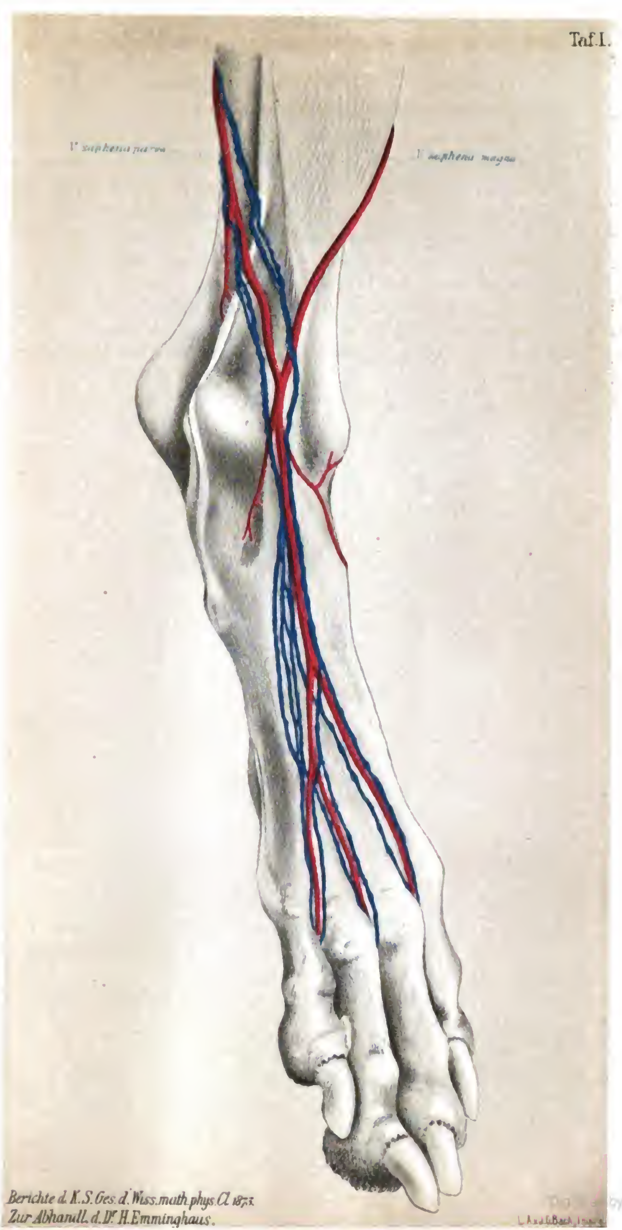
1) die Vena saph. magna einen collateralen Zweig der Haut unterhalb der Unterbindungsstelle,

2) die Vena ischiadica einen kleinen Zweig aus der V. saph. parva unterhalb der Ligatur aufnimmt,

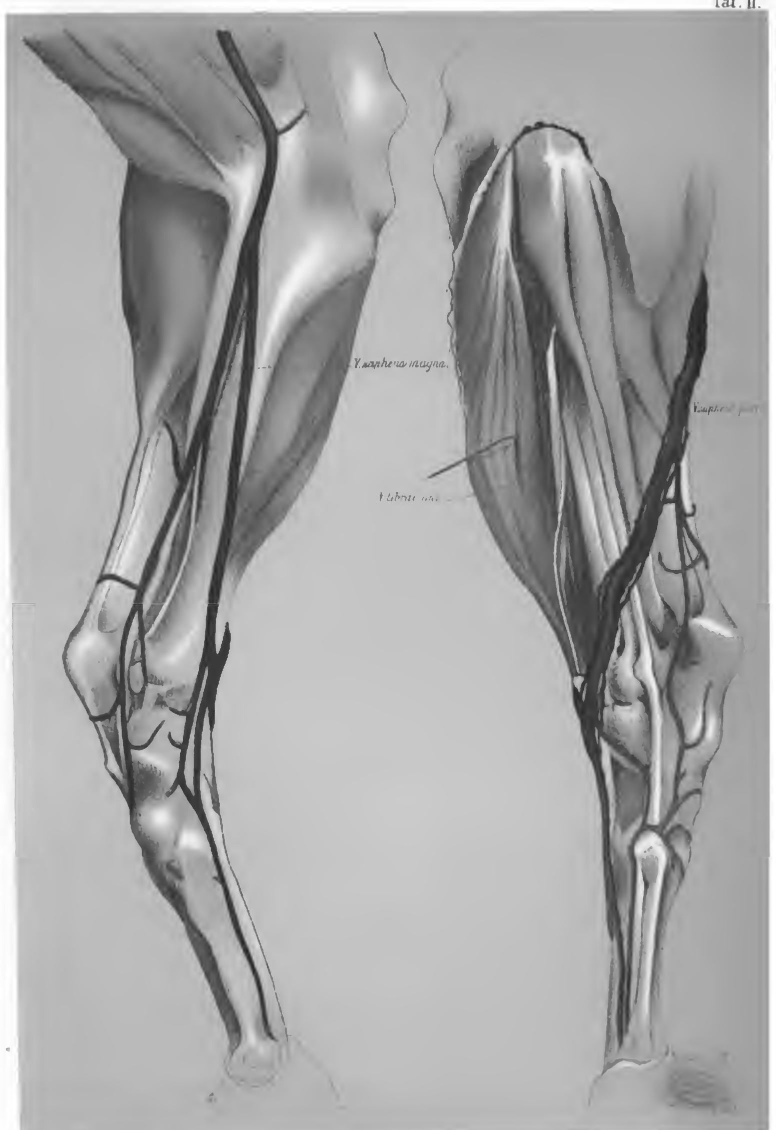
3) die Vena tibialis doppelt ist und nur ein Zweig ligirt worden war.

Die Mittheilung des Herrn Prof. *W. Braune*, die auf p. 424 erwähnt wurde, lautet folgendermaassen:

Die Unterbindung der ven. cava inferior unter den Nierenvenen ändert beim Kaninchen den Zufluss des Blutes zum Herzen nur wenig, denn der Blutdruck, der während derselben in der art. caotis oder der art. cruralis gefunden wird, ist nur um ein Geringes niedriger als der, welcher vor und nach derselben vorhanden ist. Injectionen am todten Thiere mit darauf folgender Präparation lehrten, dass sich nach der Unterbindung der untern Hohlvene der Strom herstellt theils durch die Lumbalvenen in die ven. azygos, theils durch die Spinalplexus und von diesen zum System der oberen Hohlvene.



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1872.
Zur Abhandl. d. Dr. H. Emminghaus.



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1873.
Zur Abhandlung d. Dr. H. Emminghaus.

Dr. C. Dittmar, *Ueber die Lage des sogenannten Gefässcentrums in der Medulla oblongata.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Schon seit Langem haben uns Experimente und Beobachtungen gelehrt, dass wir die Centralorgane mehrerer der wichtigsten, theils physiologischen, theils pathologischen Vorgänge im Thierkörper innerhalb der Medulla oblongata zu suchen haben; so die Centralorgane für die Respirationsbewegung, für die Gefässcontraction, für die fallsuchtartigen Zufälle u. s. w. Aber es ist eine eben so wahre, wie bekannte Thatsache, dass unsere Kenntniss vom Bau der Medulla obl. zu ihrer Wichtigkeit in umgekehrtem Verhältniss steht. Eine Reihe renommirter Techniker des Mikroskops, wie *Stilling, Clarke, Deiters* u. A. haben uns zwar durch ihre Arbeiten wichtige Einblicke in den Bau des verlängerten Marks thun lassen; aber die Methoden ihrer Forschung, die mikroskopische Untersuchung successiver Durchschnitte war bis jetzt nicht zureichend um ihnen auch nur eine plausible Vermuthung über die Lage der erwähnten Organe innerhalb der Med. obl. zu erlauben, und man wird nach den Leistungen, wie sie bis jetzt vorliegen und der ausserordentlichen darauf verwandten Mühe kaum die noch in neuster Zeit ausgesprochene Ansicht zu theilen geneigt sein, dass diese Methode allein einen Fortschritt und Abschluss in der feineren Anatomie der nervösen Centralorgane hoffen lässt. — Auf der andern Seite haben Experimentatoren mit dem Messer am lebenden Thiere den Ort dieser Organe enger zu begrenzen versucht und (wenn auch nicht überall mit der wünschenswerthen Uebereinstimmung) gewisse grössere oder kleinere Bezirke kennen gelehrt, innerhalb deren sie gelegen sein sollen. Aber sie begnügten sich damit, diese Bezirke nach ihrer Entfernung von gewissen äusserlich markirten fixen Punkten zu charakterisiren und unterliessen es, die Merkmale ihrer Grenzen aus der innern Struktur

der Medulla obl. zu entnehmen. Und doch scheint dies das einzige Mittel der anatomischen Durchforschung des Baues vom verlängerten Mark feste Stützpunkte zu geben, deren sie so sehr bedürftig ist. Ich habe daher auf den Rath des Herrn Professors *Ludwig* einen Versuch zur Ausfüllung dieser Lücke gemacht und zwar war es die Erforschung der Lage des Gefässcentrums in der Medulla obl., welche den Vorwurf meiner zunächst angestellten Untersuchungen bildete.

Wie bereits bekannt, liegen in der Medulla obl. die Orte, von welchen aus die Nerven der ringförmigen Gefässmuskulatur in tonische Erregung versetzt werden und wo auf sensible Reizung eine reflectorische Erregung der genannten Nerven zu Stande kommt. Da sich die Zusammenziehung der Gefässmuskulatur in einer Erhöhung des Blutdrucks äussert, so haben wir in der Beobachtung des letztern ein Mittel den Grad der tonischen Contraction sowohl, wie den der reflectorischen zu beurtheilen. Mit welcher Constanz und Sicherheit die reflectorische Blutdruckerhöhung auf sensible Reize eintritt, habe ich in einer frühern Arbeit über die Reizbarkeit des Rückenmarks gezeigt [1]) und dort zugleich die Cautelen erörtert, durch die sich anderweite Veränderungen des Blutdrucks mit einem ziemlichen Grad von Sicherheit vermeiden lassen. Wir dürfen also aus dem Verhalten des Blutdrucks und aus der Stärke seiner reflectorischen Steigerung nach der Zerstörung gewisser Theile der Medulla obl., auf die Integrität resp. die Verletzung des reflectorischen event. tonischen Centralorganes oder seiner zu- resp. abführenden Fasern schliessen.

Nach dieser Methode nun hat schon *Owsjannikow* eine genauere Abgrenzung des in Rede stehenden Medullentheils versucht [2]). Durch paarweise, neben die Mittellinie gelegte kleine Trepanöffnungen, ging er mit einem feinen Messerchen ein und durchschnitt mit demselben die Medulla obl. in verschiedenen Höhen der Quere nach, während gleichzeitig der Blutdruck in der Carotis des Thieres — er operirte, wie auch ich, an curarisirten Kaninchen — auf dem Kymographion verzeichnet wurde. Die Ebene desjenigen Querschnitts, nach welchem er zuerst

---

1) Arbeiten der physiolog. Anstalt zu Leipzig 1870.
2) Arbeiten der physiolog. Anstalt zu Leipzig 1871.

(mit den Schnitten von oben nach abwärts[1]) gehend) ein Sinken des Blutdrucks oder einen Nachlass in der Stärke der reflectorischen Steigerung desselben wahrnahm, bezeichnet er als obere Grenze des vasomotorischen Bezirks. Tiefer gelegene Querschnitte liessen den Druck weiter sinken und die Reflexe noch schwächer werden und alsbald wurde eine Stelle erreicht, deren quere Durchtrennung den Reflex auf die Gefässe ganz ausbleiben und den Blutdruck ein Minimum werden liess, ein Verhältniss, das durch noch tiefer gelegene Schnitte nicht weiter verändert ward. Diese Stelle bezeichnet *Owsjannikow* als untere Grenze des vasomotorischen Bezirks und gibt ihre Entfernung von Calamus script. auf etwa 4 mm an. Die obere Grenze liegt nach ihm um 4 mm höher, 1 — 2 mm unterhalb der Vierhügel. —

Controlversuche hatten ihn gelehrt, dass die Zerstörung des kleinen Gehirns, durch welches hindurch das Messerchen nach der Medulla obl. hinabgesenkt wurde, ohne Einfluss auf Blutdruck und seine reflectorische Steigerung ist[2]).

Meine erste Aufgabe nun musste in der Prüfung und Sicherstellung dieser Resultate bestehen. Die Methode *Owsjannikow's* schien mir mehrfacher Verbesserungen fähig und bedürftig. Zunächst dürfte bei Führung des Messers aus freier Hand eine genauere Zerlegung der Medulla obl. durch parallele Querschnitte kaum möglich sein. Die tiefe Lage derselben unter dem kleinen Gehirn entzieht sie nicht nur dem Gesicht, sondern bewirkt auch, dass die geringste Verschiedenheit in der Neigung des durch die kleine Knochenöffnung eingeführten Messers auf die Stellung der Messerspitze in der Medulla obl. selbst einen bedeutenden Einfluss hat. — Ich habe mir daher ein Instrument anfertigen lassen, dessen wesentlicher Theil ein mit einem lan-

1) In der nachfolgenden Abhandlung werden die nach dem Schwanzende des Thieres zu gelegenen Theile der Medulla obl. als untere — die der Schnauze zu gelegene als obere bezeichnet. Der graue Boden des vierten Ventrikels liegt also an der hinteren Fläche der Medulla obl., der Clivus liegt der vorderen Fläche derselben an.

2) Die über der oberen Grenze gelegten Querschnitte brachten für sich eine vorübergehende Druckerhöhung ohne nachheriges Absinken unter den Anfangsdruck hervor. Dieselbe rührt möglicherweise von einer Verletzung des Quintus her, welcher beiderseits vor der Medulla nach oben zieht.

gen Schlitze versehenes Metallprisma ist, das an den Maulkorb befestigt war so dass es unverrückt in der Stellung zum Kopfe bleibt die ihm gegeben wurde (Fig. 1*a* u. 1*b*). Durch diesen Schlitz wurde das Messerchen, welches seiner Dicke nach genau an ihn passt, hindurch geführt und so die Medulla obl. an einer bestimmten Stelle geradlinig durchschnitten. Durch feine Schrau-

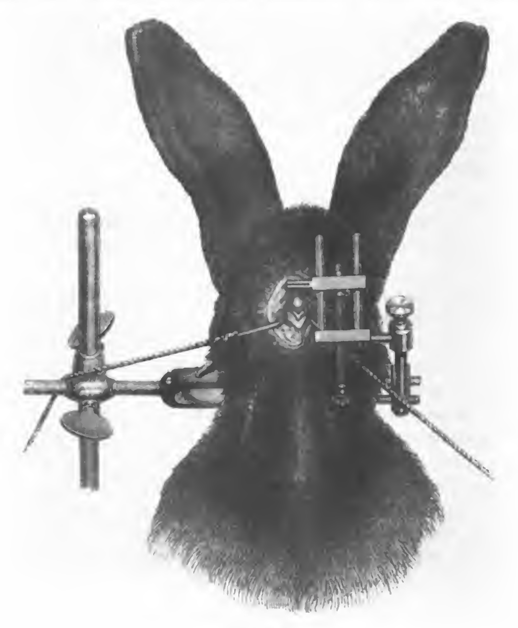


Fig. 1 a.

ben konnte das Prisma parallel mit sich selbst nach den verschiedensten Richtungen verschoben werden. — Es schien bei diesen Versuchen weiterhin wünschenswerth, die zu operirenden Hirntheile freizulegen, theils um mehr Einsicht in dieselben zu gewinnen, als es nach der Methode *Owsjannikow's* der Fall ist, theils aber um eine Ansammlung von Blut im Durasack des

Rückenmarks zu verhüten, von welcher ich in einer frühern Arbeit[1]) nachgewiesen habe, dass sie (wahrscheinlich durch Druck) das Zustandekommen der Reflexe auf die Gefässnerven vollständig zu verhindern im Stande ist. — Ich nahm also die medialen Theile des Hinterhauptbeins weg und ebenso die Membrana obtur. sowie den hinteren Winkel des Os interparietale, dessen vollständige Wegnahme nur mit Verletzung des unter ihm gelegenen Sinus confl. möglich wäre. Die Sinus transv. vermeidet man dabei am besten; sind sie doch verletzt, so lässt sich die Blutung aus ihnen — wie alle Knochenblutungen —

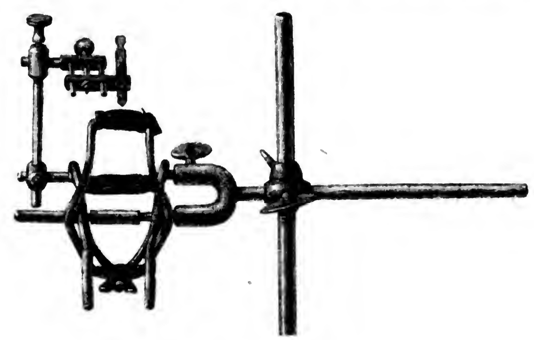


Fig. 1 b.

durch einfaches Andrücken von Papierpartikelchen, die in Eisenchlorid getaucht und dann getrocknet sind rasch und sicher stillen[2]). — Es wird alsdann das Prisma so über der Medulla befestigt, dass die Längsaxe desselben senkrecht auf die Sagittalebene des Thierkörpers zu stehen kommt und zwar zunächst in einer Lage, dass ein durch den Schlitz gestecktes Messerchen genau die Spitze des Calamus script. treffen würde. Man kann dann von da aus, da man die Weite der Schraubenwindungen kennt, das Prisma um ein beliebiges Bestimmtes nach oben füh-

1) a. a. O. pag. 28.

2) Man kann auch einen grossen Theil des grauen Bodens dadurch zu Gesicht bekommen, dass man das kleine Gehirn nach oben schiebt, was bei einiger Vorsicht und Geduld leicht gelingt.

ren und so die Querschnitte genau in die gewünschte Entfernung vom Calamus script. legen.

Meine auf die hier erörterte Art und Weise angestellten Versuche [1]) haben die Angaben von *Owsjannikow* im Wesentlichen bestätigt. Eine leichte Ueberlegung zeigt, dass die obere wie die untere Grenze des vasomotorischen Bezirks um so weiter oben gelegen erscheinen müssen, je weniger schonend die — die nächste Umgebung doch immerhin etwas zerrenden Schnitte ausgeführt werden. Ich fand beim Kaninchen die untere Grenze des vasomotorischen Bezirks etwa 3^{mm} über der Spitze des Calamus script. $1 - 1\,^1/_2{}^{mm}$ unterhalb des untern Randes vom Tuberculum laterale gelegen; die obere Grenze liegt in der Gegend der Fovea ant. ungefähr am obern Rande des Corp. trapezoides [2]). Es entspricht der so abgegrenzte Raum ziemlich genau dem Ursprungsgebiet des Facialis, dessen Fasern nicht nur mit dem sogenannten Facialis-Abducenskerne, sondern zum Theil auch in tiefer gelegenen Theilen der Medulla mit der reticulären Substanz derselben (*Henle*) — vielleicht auch, wie Einige wollen, mit den Zellen eines grauen Kernes zusammenhängen, der beim Kaninchen etwa 3^{mm} lang und im vorderen Theile der Seitenstrangreste gelegen ist.

Nachdem so die Grenzen des Organs in der Höhendimension bestimmt waren, musste die weitere Aufgabe, die sich hieran knüpfte, in der Abgrenzung desselben auch nach den beiden andern Dimensionen bestehen. Als Fingerzeig für meine weiteren Forschungen diente mir die Thatsache, dass, wie *Miescher* [3]) und *Nawrocki* [3]) gezeigt haben, die centripetalen Fasern des N. Ischiad.

---

1) Man findet deren einige im Anhang genauer angeführt. (Versuch A — E.)

2) In einigen meiner Versuche (cf. Vers. B u. C) war bei Schnitten an der oberen Grenze die Abnahme der Reflexe früher bemerklich, wie das Absinken des Drucks, was mit der Vermuthung *Owsjannikow's* nicht stimmt, dass möglicherweise das Centrum für die tonische Gefässinnervation höher gelegen sei, als das reflectorische Gefässcentrum.

Interessant, und für die Lehre von den vicarirenden Fähigkeiten der Ganglienzellen von Wichtigkeit wäre der Nachweis, ob es sich nach den Schnitten innerhalb des vasomotorischen Bezirks um eine gleichmässige Abnahme der Contraction sämmtlicher Gefässe oder um ein Erlöschen derselben nur für einzelne Gefässbezirke handelt, während sie für andere ungeschwächt fortbesteht.

3) Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig. Jahrgg. 1870 u. 1871.

deren Reizung jene reflectorische Zusammenziehung der Gefässe zur Folge hat, in den Seitensträngen des Rückenmarks verlaufen. Würde sich diese zunächst für das Lendenmark geltende Beobachtung für die ganze Länge des Rückenmarks bestätigen und liesse sich für die Gefässnerven selbst vielleicht eine ähnliche Verlaufsweise nachweisen, so wäre für die Bestimmung der Lage ihrer Endigung in der Medulla obl. ein wesentlicher Anhalt gewonnen. Ich habe daher in einigen Versuchen die von *Miescher* und *Nawrocki* am Lendenmark angestellten Durchschneidungen innerhalb des dritten Halswirbels vorgenommen und gefunden, dass die Zerstörung der Vorder- und Hinterstränge, sowie der grauen Substanz daselbst die reflectorische Blutdruckerhöhung auf Reizung des Ischiad. nicht alterirt. Ich theile im Anhange einen dieser Versuche mit (cf. Vers. F und Fig. 2). — Es folgt daraus, dass nicht nur die centripetalen Fasern des Ischiad. deren Erregung den Gefässreflex hervorbringt, sondern auch die Gefässnerven selbst in den Seitensträngen des Rückenmarks verlaufen. Wo und wie diese letzteren den Seitenstrang verlassen, muss dahin gestellt bleiben.

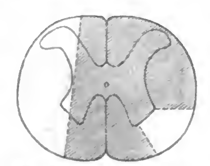


Fig. 2. (Vgl. Anh.: Vers. F.)

Wir werden also wohl auch in der Medulla obl. unser Organ in dem den Seitensträngen des Rückenmarks entsprechenden Gebiete zu suchen haben. Dieselben haben, wie bekannt, beim Uebergang des Halsmarks in die Medulla obl. einen Theil ihrer Fasern nach vorne zur Bildung der Pyramiden abgegeben; ihr Rest (Fig. 3, *L*) liegt nach der Eröffnung des Centralcanals lateralwärts von den, beiderseits der Raphe anliegenden Vordersträngresten (Fig. 3, *A*), von diesen durch einige ganz nach dem Typus der vorderen Rückenmarkswurzeln entspringende Hirnnerven (Hypoglossus, Abducens) abgegrenzt. Die Grenze der Seitenstrangreste gegen die gleichfalls lateralwärts verschobenen Reste der Hinterstränge (*J*) ist durch die Lage der Fortsetzung des Kopfes vom Hinterhorn (*C*) und die denselben durchziehenden Wurzeln des N. Vagus und Glossopharyngeus (die morphologisch ganz den hinteren Rückenmarkswurzeln entsprechen) deutlich angedeutet.

Man könnte nun also zunächst an die Pyramiden oder viel-

leicht an die mit ihnen in Verbindung stehenden grauen Massen der Raphe denken. Indess bemerkt schon *Owsjannikow* gelegentlich, dass man mit den Schnitten weit nach unten gehen kann, ohne Blutdruck und Reflexe zu alteriren, wenn man sich in der Mittellinie hält und die seitlichen Theile der Medulla obl. schont, und auch ich fand, dass man die Vorderstrangreste, sowie die Pyramiden, zerstören kann, ohne die vasomotorische Reflexthätigkeit wesentlich zu beeinträchtigen. Es wird das Organ demnach im eigentlich sogenannten Seitenstrangenrest zu zuchen sein und es gelingt leicht, diese Vermuthung durch den Versuch zu bestätigen.

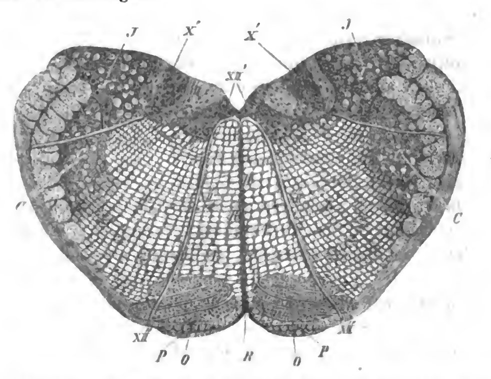


Fig. 3. Querschnitt vom verl. Marke des Kaninchens etwas unterhalb des vasomotor. Bezirks; *A* Vorderstrangrest. *L* Seitenstrangrest. *J* Hinterstrangrest. *C* Fortsetzung des Kopfes vom Hinterhorn des Rückenmarkes. *R* Raphe. *O* untere Olive. *P* Pyramide. *X'* Vaguskern. *X* n. vagus. *XII'* Hypoglossuskern. *XII''* n. hypoglossus.

Zerstört man nämlich innerhalb des vasomotorischen Bezirks die Umgebungen der Raphe und trägt man daselbst zugleich mit einem feinen Messerchen (oder noch besser mit einer feinen in geeigneter Weise nach der Fläche gekrümmten Scheere) die Hinterstrangreste von unten her ab, so wird die reflectorische Function des vasomotorischen Bezirks nicht beeinträchtigt (vergl. Vers. G). Die Fig. 4 zeigt einen Durchschnitt aus einer so operirten Medulla (von Vers. G). Es sind hier, wie man sieht, nur die Seitenstrangreste stehen geblieben und es ist damit bewiesen, dass sie unser Organ in der That enthalten.

Aber alle weiteren Versuche seinen Ort innerhalb des Seitenstrangrestes nach dieser Methode noch enger zu begrenzen, misslangen. Es konnte daran entweder der Umstand Schuld sein, dass das Organ den ganzen Seitenstrangrest ausfüllt, oder dass eine Verletzung seines Gebietes jedesmal, sei es zuführende sensible, sei es abgehende motorische Fasern durchtrennt. Es konnte aber auch die allzugrosse Zerrung, wie sie bei Schnitten aus freier Hand in der Umgebung unvermeidlich ist, die Schuld dieses Misslingens tragen. Von dieser letztern Voraussetzung ausgehend, machte ich den Versuch die Medulla obl. von der

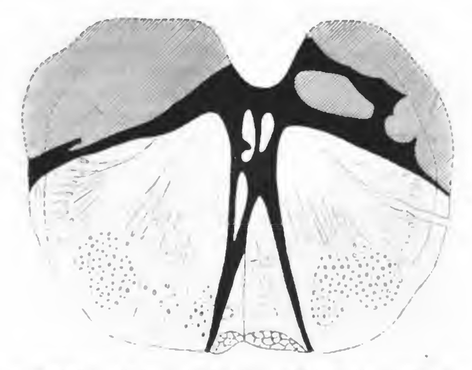


Fig. 4. Die geschwärzten Partien bezeichnen die Ausdehnung des in die Schnitte erfolgten Blutextravasates. Die schraffirten den durchschnittenen Antheil.

Seite her bloss zu legen. Meine Absicht war nämlich, mittelst der von *Miescher* und *Nawrocki* angewandten Schutzmesserchen, welche im Rückenmark eine so scharf isolirte Zerstörung einzelner Marktheile ermöglicht hatten, eine genauere Abgrenzung des Organs in der Richtung von hinten nach vorne zu versuchen. Die beiden genannten Forscher haben nachgewiesen, dass der Einstich eines solchen Messerchens, sofern seine Fläche dem Faserverlauf eines Rückenmarkstranges parallel gestellt ist, fast gar kein Blutextravasat setzt [1]) und dass unter seinem Schutze

---

1) Dieser Vortheil wird freilich in der Medulla, die nicht bloss von

die auf einer Seite desselben gelegenen Marktheile quer durchtrennt und rücksichtslos zerstört werden können, ohne dass der auf der andern Seite gelegene Theil gezerrt oder mit Blutextravasat durchsetzt wird. Ich erreichte meinen Zweck durch Abtragung des sog. Proc. lateralis des Hinterhauptbeins und des hinteren Theils vom Felsenbein einer Seite, wobei die Bulla ossea mit eröffnet wurde. Vagus und Glossopharyngeus derselben Seite werden bei diesem Operationsverfahren durchtrennt. Die Blutungen aus den Sin. transv. und petros. müssen durch Andrücken der oben beschriebenen Papierpartikelchen gestillt werden [1]). Es gelang auf diese Weise eine Lücke neben der Medulla zu schaffen, welche die Einschiebung eines bajonnettartig gestalteten Messers in dieselbe von der Seite her gestattete. Der möglichst feine schneidende Theil dieses Messerchens war (s. Fig. 5 *a b*) ca. 10 mm lang und 2 mm breit, der Stiel (*c d*) desselben lief in einer Führung in welcher er leicht und sicher auf und ab geschoben werden konnte. Das Messer liess sich mit der Führung durch feine Schrauben nach allen Richtungen bewegen. Ich pflegte die Spitze des Messerchens, dessen Fläche ungefähr dem Clivus parallel lag, zunächst genau in die Höhe des Winkels zu stellen, den der untere Rand des Tuberculum laterale mit dem Corpus restiforme macht; von da aus konnte sie um eine beliebige Zahl von mm nach vorne geschraubt und dann eingestochen werden [2]). Die vasomotorischen Reflexe zeigen sich nach einem solchen Einstich in keiner Weise gestört, selbst dann nicht, wenn man das Messer innerhalb der Medulla in der Richtung seiner Schneide etwas verschiebt [3]). Von meinen zahlreichen nach dieser Methode angestellten Ver-

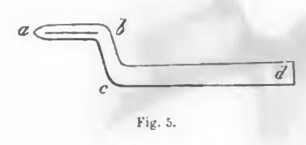


Fig. 5.

parallelen Längsbündeln, sondern auch von zahlreichen Fibr. arcuatae und radiat. durchsetzt ist, nicht so vollkommen zu erreichen sein.

1) Die venösen Blutungen sind durch Schiefstellung des Thierkörpers (etwa 45°, Hintertheil nach unten) zu vermindern.

2) Hat man sauber operirt, so kann man sich auch nach den Austrittsstellen der Glossopharyng.- und Vaguswurzeln orientiren.

3) Es handelt sich hier und im Nachfolgenden nur um Operationen innerhalb des vasom. Bez. Unterhalb seiner unteren Grenze sowie am

suchen theile ich hier nur einige mit. In Vers. I lief das Schutzmesser 4 mm hinter die Pyramiden. Die hinter demselben gelegenen Theile waren weggenommen und dadurch der vasomotorische Reflex auf Reizung des Ischiad. wie man sieht (vgl. den Anhang), nichts weniger als geschwächt. (Vergl. ebenso die Versuche K und L.) In Vers. M geschah der Einstich an der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks, 3 mm hinter den Pyramiden (Fig. 6). Durch Zerstörung der hinter dem Messer

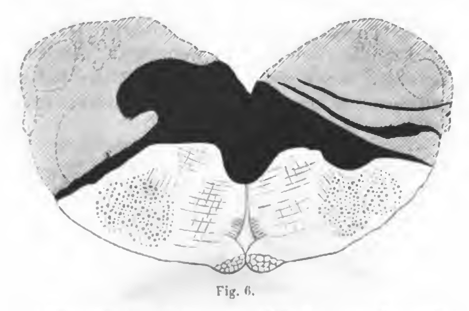


Fig. 6.

Die geschwärzten Stellen sind Blutextravasate (cf. Vers. M im Anh.).

gelegenen Theile wurde der reflector. Effect nicht alterirt. Aehnlich ist der Versuch N (Vergl. Fig. 7), wo etwas oberhalb der untern Grenze des Bezirks operirt wurde. Auch hier blieb der Effect ganz ungeschwächt. Tiefer konnte ich mit den Einstichen nicht nach vorne gehen (cf. Vers. O); zerstörte ich nämlich in Versuchen, wie die obigen, nicht die hinter, sondern vor dem Messer gelegenen Theile, so wurde der Effect aufgehoben (Vers. P und Q)[1]. Ganz analoge Resultate erhält man in den oberen Theilen des vasomotorischen Bezirks.

Rückenmark hat dieses Verfahren von der Seite bis jetzt nicht recht gelingen wollen.

1) In Fällen, wo ich an der untern Grenze des Bezirks mit dem Einstichmesser tief nach vorne gegangen war und die davor gelegenen Theile nicht zerstört, sondern durch einen einfachen Schnitt (etwa mit einem feinen Paracentesen-Messerchen, wie es die Ophthalmologen brauchen) durchtrennt hatte, konnte ich hie und da bei Anwendung sehr heftiger langer dauernder Strome auf den Ischiad. noch eine geringe Blutdrucker-

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen. Wir haben oben pag. 456 gesehen, dass man immer die Vorderstrangreste und Pyramiden und so eben, dass man die Hinterstrangreste und den hintern Theil der Reste der Seitenstränge wegnehmen kann, ohne die vasomotorischen Reflexe zu stören. Es bleibt also beiderseits nur ein kleiner prismatischer Raum innerhalb des vasomotorischen Bezirks übrig, dessen Verletzung jene Reflexe stört oder aufhebt. Er bildet den vorderen Theil des Seitenstranges. Aus den angeführten Versuchen folgt weiterhin, dass die (vom Ischiad. wenigstens) zum Organ gehenden sensiblen, sowie die von ihm abgehenden Gefässnerven im Wesentlichen von unten her an dasselbe herantreten [1]).



Fig. 7. (Vers. N.)

Die Ausdehnung der Blutextravasate ist durch die Schwärzung angedeutet. Die durchschnittnen Theile sind schraffirt. Die beiden senkrechten Striche neben der Raphe schliessen den Bezirk ein, der immer ohne Beeinträchtigung der vasomotor. Reflexthätigkeit zerstört werden kann. (p. 456.)

Ich sprach zuletzt immer nur von dem Ungestörtsein der Reflexe. Mehrmals nämlich habe ich bemerkt, dass der Einstich des Messers von der Seite her den Blutdruck etwas sinken liess, ebenso die Zerstörung der Theile hinter dem Messer. (Vergl. u. a. die Vers. I und Q.) Ob man hier an ein von dem reflectori-

höhung erzielen. Es scheinen Fasern auf indirectem Wege durch den hintern Theil des Seitenstrangs nach dem Organ zu gelangen, was bei der grossen Complication des Faserverlaufs im verlängerten Mark nicht auffallen kann.

1) Vergl. jedoch Anmerk. pag. 459.

schen gesondertes tonisches Centralorgan denken soll, wie *Owsjannikow* ein solches anzunehmen geneigt scheint, oder ob, wenn wir bei der einfacheren Voraussetzung bleiben, dass der Gefässtonus reflectorischer Natur sei, wie dies ja auch vom Tonus der Skelettmuskeln behauptet wird, ob, sage ich, diese Erscheinung durch Abtrennung sensibler Fasern vom Centralorgan bedingt ist, muss dahin gestellt bleiben. Vagusfasern werden jedenfalls, Quintusfasern wahrscheinlich durchtrennt. Vielleicht handelt es sich aber auch bloss um eine Reizung depressorischer Fasern. Einige Versuche, in denen die Druckerniedrigung eine bloss vorübergehende war, scheinen auf diese Möglichkeit hinzudeuten. (Vergl. Vers. L.) Weitere Versuche müssen hier Aufklärung bringen.

Untersuchen wir nun den so abgegrenzten Raum mikroskopisch [1], so finden wir ihn stets mehr oder minder von einem grauen Kerne ausgefüllt, der von *Dean* [2] und *Kölliker* als unterer, diffuser Theil der oberen Olive, von *Clarke* [3] beim Kaninchen als Anterolateral Nucleus beschrieben worden ist. Wenn es richtig ist, dass zur Vermittlung von Reflexen Ganglienzellen gehören, so haben wir in ihm ohne Zweifel das eigentliche und wesentliche Organ für das Zustandekommen der vasomotorischen Reflexe vor uns [4]. Der Kern erstreckt sich beim Kaninchen von der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks 3 ^{mm} weit nach oben, ist 1—1 $^1/_2$ ^{mm} breit und mit seinem innern Rand 2—2 $^1/_2$ ^{mm} von der Raphe entfernt. Beim Menschen erscheint er auf einem Durchschnitte in der Gegend des Facialisaustritts als eine oder mehrere Anhäufungen von grauer Substanz an der medialen Seite

---

1) Das verlängerte Mark wurde nach jedem Versuche in Chromsäure gehärtet und einer genauen mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Zur Anfertigung der Schnitte bediente ich mich des von *Betz* (*Schultze's* Archiv IX. B. 1. Heft) beschriebenen Instruments. Legt man die Schnitte mehrere Minuten in eine Lösung von Platinchlorid (1 : 10) so färben sie sich in einer etwas concentrirten alcal. Carminlösung fast momentan auf das Schönste.

2) The gray subst. of the Med. obl. pag. 63.

3) Philos. Trans. Vol. 158, pag. 307 und Taf. XII, Fig. 48 (*s*).

4) So lange dieser allgemein adoptirte Satz nicht ganz sicher bewiesen ist, darf indess doch wohl die Möglichkeit nicht von der Hand gewiesen werden, dass auch die Theile in der näheren Umgebung des Kernes vasomotorische Eigenschaften besitzen.

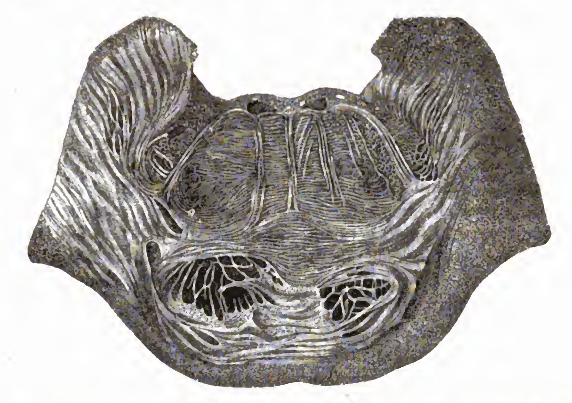


Fig. 8. Durchschnitt durch die Medulla oblongata des Menschen in der Gegend des Facialisaustrittes. — Nach Meynert.



Fig. 9. Kaninchenmedulla (nach *Eckhardt*, Beiträge zur Anatomie u. Physiol. Bd. IV, 1).

des Facialisstammes. Er kann schon mit blossem Auge gesehen werden (s. Fig. 8 o). Er enthält ziemlich grosse multipolare Ganglienzellen die schon mehrfach beschrieben sind (cf. *Henle* Anatomie des Menschen. Nervenl. pag. 217 u. Fig. 147) und zunächst keine besondere Merkmale darbieten. Eine genauere mikroskopische Untersuchung desselben, sowie seiner Verbindungen steht noch aus[1]. — Ob auch das an der oberen Grenze des vasomotorischen Bezirks gelegene eigentliche sogen. Corp. dentatum der oberen Olive vasomotorische Eigenschaften hat, könnte vielleicht eine noch genauere Feststellung dieser Grenze entscheiden.

1) Es darf natürlich nicht behauptet werden, dass dieser Kern bloss vasomotorische Functionen habe. Bekanntlich sind die zusammenhängenden grauen Massen der Hirnrinde und der sogen. grossen Hirnganglien mit sehr verschiedenen Functionen begabt. Die nach einigen Angaben aus ihm entspringenden Facialisfasern dürften wohl die bekannten vasomotorischen und secretorischen Antheile dieses Nerven sein (Chorda Tymp., N. petros. sup. min.).

Ich reproducire hier (Fig. 9) die Abbildung, welche *Eckhardt* von dem Umfang der Stelle gibt, deren Verletzung Diabetes mell. erzeugt; dieselbe bedarf keines weitern Commentars. *Eckhardt* bemerkt ausdrücklich, dass es bei der Piqûre auf eine Verletzung der vorn am Clivus gelegenen Theile ankommt, während die Verletzung bloss der am grauen Boden gelegenen Partien unwirksam sei.

Anhang.

Versuchstabellen.

Sämmtliche Versuche wurden an curarisirten Kaninchen angestellt. Die künstliche Respiration geschah durch eine Maschine mit grosser Regelmässigkeit. Der Blutdruck wurde stets in der Carotis und zwar mittelst des Quecksilbermanometers gemessen und nebst der Zeit (in Secunden), sowie den Perioden der elektrischen Reizungen auf einem endlosen Papier verzeichnet.

Unter Reizung ist immer die des Nervus Ischiadicus (meist dexter) verstanden.

RA. bedeutet den Rollenabstand des *Dubois*'schen Schlittenapparates in Centimetern. Bei RA 10 waren die Rollen aufgeschoben.

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt		in ? Secunden
		von mm	auf mm	
Versuch A.				
Der erste Schnitt geht durch die Fov. anter. und den oberen Rand des Corp. trapez. Der zweite Schnitt liegt etwa 4 mm tiefer, 3 mm über der Spitze des Calamus script. 2 mm unter dem unteren Rande des Corp. trapez., 1—1½ mm unter dem Tuberc. laterale.				
Beide Vagi durchschnitten.				
1. Reizung des Ischiadicus dext. RA 18	4	138	172	6,5
2. Erste Querdurchschneidung.		136	116	
3. Reizung RA 18	12	116	146	8
4. Reizung RA 18	13	122	142	7,5
5. Zweite Querdurchschneidung		126	50	
Weitere Reizungen RA 18 (Dauer 17 Sec.) ferner RA 10 (Dauer 13 und 31 Sec.) sind ohne Effect.				

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt		in ? Secunden
		von mm	auf mm	
Versuch B.				
Lage der Schnitte wie im vorigen Versuch. Ein Vagus durchschnitten.				
1. Reizung des Ischiad. dext. RA 18	5	144	182	8
2. Erste Querdurchschneidung: Druck steigt vorübergehend		130	156	5
3. Reizung RA 18	8	136	168	10
4. Dasselbe	5	136	160	7
5. Zweite Querdurchschneidung		134	44	
Reizungen RA 18 (13 Sec.) RA 13 (13 Sec.) RA 10 (13 Sec.) bleiben ohne Effect.				
Versuch C.				
Kleines Thier. Der zweite Querschnitt fällt an den untern Rand des Tuberc. lat. 3,5 mm über der Spitze des Calamus script. Der erste Schnitt liegt 2 mm höher. Ein Vagus durchschnitten.				
1. Zerrung des Ischiad.		108	142	9
Gleich darauf:				
2. Reizung RA 18	5	138	180	7
Bald darauf:				
3. Reizung RA 18	5	132	180	5
4. Erste Querdurchschneidung: Druck steigt vorübergehend		118	156	5
5. Reizung RA 18	5	110	140	4
6. Zweite Querdurchschneidung		126	72	
7. Reizung RA 18	19	72	82	9
3. Reizung RA 10 (starker Strom)	22	68	80	13
Versuch D.				
Letzter Querschnitt etwa 5 mm über dem Calamus script. Beide Vagi durchschnitten.				
1. Erster Einstich [1]) in der Mittellinie		102	161	10

1) Ich habe in diesem und dem nachfolgenden Experimente den Versuch gemacht, die Zerrung des verlängerten Marks bei den Querschnitten durch das Einstecken eines Schutzmesserchens (cf. pag. 457) in der Gegend der Raphe zu vermindern. Zu diesem Behufe hatte das Prisma ausser dem Längsschlitze noch einen oder einige darauf senkrechte Querschlitzchen in welche das Messerchen genau passte. Zu beiden Seiten des Messers wurde dann die Querdurchschneidung vorgenommen. Ich zog es vor, diese Schutzmesserchen (ebenso wie das in den Versuchen I—Q angewandte Bajonnettmesser) nach Beendigung des Versuchs vorsichtig wieder herauszuziehen, statt sie, wie *Miescher*, mit dem Präparate in die Här-

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt		in ? Secunden
		von mm	auf mm	
Der Druck hält sich längere Zeit auf der erreichten Höhe; währenddess:				
2. Querdurchschneidung nach rechts		144	164	
3. Querdurchschneidung nach links		140	101	15,5
4. Reizung RA $15^1/_2$	9,5	92	150	12
5. Zweiter Einstich etwa 2mm tiefer		95	68	10,5
6. Durchschneidung nach beiden Seiten		70	49	
7. Reizung RA 18	11	48	62	10,5
8. Reizung RA $15^1/_2$	13	44	82	14,5
9. Dritter Einstich etwa 1mm tiefer; Durchschneidung nach beiden Seiten } kein Effect				
10. Reizung RA $15^1/_2$	17	34	50	14
11. Reizung RA $15^1/_2$	14	46	62	7
Versuch E.				
Vorletzter Querschnitt in der Gegend des Facialisaustrittes; letzter Schnitt 2mm tiefer, etwa 4mm über dem Eingang in den Centralcanal. Beide Vagi durchschnitten. Vor jedem Eingriff schwankender Blutdruck.				
1. Erster Einstich in der Mittellinie. Der Druck fällt dann auf 76.		57	86	11
2. Durchschneidung quer nach links. Druck fällt auf 57, steigt dann wieder auf 71.		77	85	5
3. Querschnitt nach rechts		71	52	7,2
4. Reizung RA 18	13	51	81	11,5
5. Zweiter Einstich, 2mm tiefer		46	55	7
6. Durchschneidung nach links		46	51	11,5
7. Durchschneidung nach rechts		51	45	
8. Mechanische Reizung des Nerven		45	54	11
9. Elektrische Reizung RA 18	13	44	62	12,5
10. Dritter Einstich 2mm tiefer; unmittelbar darauf Durchschneidung nach rechts und links (Gerinnung).				
11. Reizung RA 18	11,5	41	46	10,5
12. Reizung RA 14	13	40	44	8,5
Versuch F.				
Beide Vagi durchschnitten. Rückenmark im dritten Halswirbel blossgelegt. Der Einstich mit dem Schutzmesserchen geschieht				

tungsflüssigkeit zu bringen: sie lassen sich nur schwer in die compakte Substanz des Os occip. eintreiben, und die Schnittrichtung lässt sich nach der Härtung immer aufs deutlichste erkennen.

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt von mm	auf mm	in ? Secunden
an der Grenze des linken Seitenstrangs. Zerstörung der übrigen Stränge ziemlich vollständig, nur vom rechten Seitenstrang ein kleiner Rest erhalten. (Fig. 2.)				
1. Einstich mit dem Schutzmesser		124	166	2
2. Mechanische Reizung des Ischiad. dext. . .		116	146	3,5
3. Zerstörung der nach rechts vom Messer gelegenen Theile		118	138	5
Gleich darauf		118	190	15,5
4. Nochmalige Zerstörung		126	160	3,5
5. Reizung des Ischiad. dext. RA 18	6	100	196	17,5
6. Reizung des Ischiad. sin. RA. 18	6	126	190	9
Versuch G.				
Die Umgebungen der Raphe innerhalb des vasomotorischen Bezirks durch einen kreuzweisen Einstich zerstört. Die Scheerenschnitte (pag. 456) gehen links von der Fissura mediana post. durch den hinteren Theil des Caput cornu. Rechts läuft der zweite ebenso; der erste liegt etwas weiter hinten. (Gegend der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks.) (Fig. 4.)				
1. Reizung RA 18	6	118	140	8,5
Druck hält sich lange hoch.				
2. Einstiche mit einem Messer in der Gegend der Mittellinie.		130	78[1]	32
3. Abtragung beider Hinterstrangreste (von unten her)		78	92	22
4. Reizung RA 18	6	88	121	9
5. Zweite Abtragung links und rechts.				
6. Reizung RA 18	9	106	136	11
Versuch I.				
Medulla obl. von der rechten Seite her blossgelegt. Der Einstich mit dem Bajonettmesserchen (pag. 458) von der Seite derselben geschieht etwas über der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks und läuft 1—1½ mm hinter dem grauen Kern[2], 4 mm hinter den Pyramiden. Die hinter dem Messer liegenden Partien sind weggenommen.				

1) cf. pag. 460.
2) siehe pag. 461.

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt von mm	Druck steigt oder sinkt auf mm	in ? Secunden
1. Reizung RA 16	8	85	107	8
2. Einstich mit dem Bajonnettmesserchen von der Seite		84	55[1])	9,5
3. Reizung RA 16	15	52	108	16,5
4. Zerstörung der Theile hinter dem Messer		64	48[1])	10
5. Reizung RA 16	13	48	100	14
6. Nochmalige Zerstörung hinter dem Messer		54	42	8
7. Reizung RA $14^1/_2$	34	42	98	24

Versuch K.

Einstich von der Seite geschieht 4mm hinter den Pyramiden, $1^1/_2$mm hinter dem grauen Kern, links steht das Messer etwas höher (mehr der Schnauze zu) als rechts, wo es hinter dem unteren Theil des grauen Kernes sich befindet.

	Dauer der Reizung	von mm	auf mm	in ? Secunden
1. Einstich mit dem Bajonnettmesser		94	125	5
2. Manipulationen am Nerven		97	140	13,5
Gleich darauf		118	138	4,5
3. Reizung RA 18	7	104	153	7
4. Zerstörung hinter dem Messer		83	120	8,5
5. Reizung RA 18	5	96	146	8

Versuch L.

Wie beim vorigen Versuch.

	Dauer der Reizung	von mm	auf mm	in ? Secunden
1. Reizung RA 18	5	116	180	9
2. Einstich mit dem Bajonnettmesser		135	96	15,5
Gleich darauf		96	134	18
3. Reizung RA 18	7	134	160	10,5
4. Zerstörung hinter dem Messer		136	113	15,5
Gleich darauf		113	125	16
5. Reizung RA 18	16	121	157	16
6. Reizung RA 18	23	88	142	16

Versuch M.

Ein Vagus durchschnitten. Ein Querschnitt aus der Ebene des unteren Randes vom Tuberc. lat. (Fig. 6) zeigt den rechten Hinterstrangrest und die hintere Partie des Seiten- und Vorderstrangrestes zerstört, links trennt ein Schnitt (*S*) zwischen dem grauen Kerne und dem Caput cornu den Seiten- und Hinterstrangrest. Aehnliche Verhältnisse weiter oben. Zerstörung daselbst noch vollständiger.

1) cf. pag. 460.

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt		in ? Secunden
		von mm	auf mm	
1. Reizung RA 18	5	104	144	7
2. Einstich mit dem Bajonnettmesser von der Seite.				
3. Reizung RA 18	6	84	106	9
4. Zerstörung hinter dem Messer. Druck steigt gleich darauf (vorübergehend) .		80	152	10
Später:				
5. Reizung RA 18	7	60	106	8
6. Nochmalige Zerstörung hinter dem Messer.				
7. Reizung RA 18	9	56	92	10
Versuch N.				
Einstich mit dem Bajonnettmesser von der Seite geschieht etwas über der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks und läuft am hinteren Rande des grauen Kerns hin. Die hinter dem Schutzmesser gelegenen Theile sehr vollständig zerstört (Fig. 7).				
1. Mechanische Reizung der Nerven		124	166	4
2. Elektrische Reizung RA 18	7	134	162	3,5
3. Einstich von der Seite		128	88	
4. Reizung RA 18	6	92	128	3,5
5. Zerstörung hinter dem Messer.		105	134	4
6. Reizung RA 18	10	114	143	4
7. Reizung RA 14	7	102	132	4,5
Nach wiederholter breiter Zerstörung hinter dem Meser:				
8. Reizung RA 14	24	78	128	12
Versuch O.				
Der Einstich von der Seite läuft rechts unmittelbar hinter dem unteren Ende des grauen Kernes links durch dasselbe.				
1. Reizung RA 13	6	100	138	8
2. Auf den Einstich mit dem Bajonnettmesser von der Seite sinkt der Druck auf 60.				
3. Reizung RA 18	13	ohne	Effect	
4. Reizung RA 10 (sehr starker Strom)	15	52	60	13
Die darauf folgenden ähnlich starken Reizungen ohne allen Effect. — Druck zuletzt 34.				
Versuch P.				
Einstich von der Seite geschieht an der unteren Grenze des vasomotorischen Bezirks und läuft am hinteren Rande des grauen Kernes hin.				

	Dauer der Reizung	Druck steigt oder sinkt		in ? Secunden
		von mm	auf mm	
1. Mechanische Reizung des Nerven		124	138	4
2. Elektrische Reizung RA 18	4	132	166	4
3. Einstich von der Seite		143	110	
4. Reizung RA 18	7	110	150	9
5. Eingehen mit dem Paracentesenmesserchen (cf. pag. 459 Anm.) vor dem Schutzmesser zuerst		126	132	3,5
dann		132	88	
6. Reizung RA 18		88	106	
Zurückschrauben des Schutzmessers um ca. 1mm nach dem Schwanze zu.				
7. Reizung RA 18		82	98	
8. Nochmaliges Eingehen mit dem Paracentesenmesserchen (dasselbe läuft ziemlich im vorigen Schnitt)		88	108	
Druck sinkt von da allmählig auf 53. Währenddess sind Reizungen RA 18 ferner RA 14 (13 Sec.) RA 10 (12 Sec. sehr starker Strom, neue Nervenstelle) ohne Effect.				
Versuch Q.				
Der Einstich mit dem Bajonnettmesser läuft rechts etwa $1^1/_2$mm hinter dem hinteren Rande des grauen Kernes (am unteren Ende desselben); links unmittelbar über dem hinteren Rande desselben. Schnittwunde vom unteren Rande der Einstichswunde nach dem Clivus.				
1. Reizung RA 18	5	114	152	6,5
2. Einstich mit dem Bajonnettmesser von der Seite		120	76	10
3. Reizung RA 18	5	70	102	9,5
4. Bajonnettmesserchen innerhalb der Med. obl. um 2 mm nach dem Schwanze zu geschraubt (macht keine besondere Veränderung des Drucks).				
5. Reizung RA 18	6	72	102	9
6. Durchschneidung mit dem Paracentesenmesserchen nach vorne. Druck sinkt allmählig von 80 auf 32. Reizungen RA 18 (16 Sec.) RA 10 (20 Sec.) bleiben ohne Effect. Nach etwa 20 Minuten ist der Herzschlag noch vollkommen deutlich und Druck auf den Bauch des Thieres bewirkt ein Ansteigen des Blutdrucks.				

Dr. G. Asp, *Zur Anatomie und Physiologie der Leber.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitglied *C. Ludwig.*

Mit 3 Holzschnitten u. 1 Tafel in Farbendruck.

I. Anatomischer Theil.

Bei Versuchen über Gallenabsonderung, welche ich in dem physiologischen Laboratorium zu Leipzig anstellte, lag es mir nahe, den feinern Bau der Kaninchenleber in der Absicht zu studiren, ob aus ihm nicht ein Aufschluss darüber zu gewinnen sei, warum und wie die aus dem Blute abgeschiedene Flüssigkeit sich zwischen den Lymph- und den Gallenwegen theile. Eine andauernde Beschäftigung mit dem Gegenstande liess erkennen, dass unsere Methoden noch bei Weitem nicht genügen, um das Ziel zu erreichen, welches ich mir gesteckt; desshalb sind jedoch, was die folgenden Mittheilungen beweisen sollen, meine Bemühungen nicht ganz vergebens gewesen. Das Neue, was ich gefunden zu haben glaube, werde ich möglichst getreu beschreiben und mich jeder Hypothese enthalten. Denn bei dem hohen Grade von Deutlichkeit, zu welchem es die Anatomie bringen kann, erscheint es nicht gerade nothwendig, auf Grundlage des schon Erkannten der Zukunft vorzuschreiben, wie sie das gegenwärtig Unbekannte dereinst sehen soll.

1. Obwohl, wie bekannt, der Kern der Leberzellen oft doppelt vorhanden ist, so ist er doch kein nothwendiger Bestandtheil derselben, und wenn er, wie dieses meist der Fall, vorhanden, so bietet er nicht immer dasselbe Ansehen dar (siehe Figur 1 der

Farbentafel). — Am häufigsten erscheint er in der Flächenansicht als eine runde Scheibe, die gegen das Centrum hin durch eine Anhäufung von Körnern getrübt ist. Um diesen dunkeln Abschnitt erstreckt sich ein heller Hof, welchen eine doppelte Contur umgiebt. Nicht selten fehlt jedoch der helle Saum, so dass dann nur der Körnerhaufen allein übrig bleibt. Zuweilen jedoch fehlt auch dieser Körnerhaufen, so dass der Leberzelle auch jede Andeutung eines Kernes abgeht. Aus solchen kernlosen Zellen findet man nun entweder alle Schnittchen zusammengesetzt, die man der Untersuchung unterwirft, oder es zeigt sich, dass nur einzelne Theile der Leber kernlose Zellen enthalten, während andere aus kerntragenden zusammengesetzt sind. Die Behauptung, dass die Leberzellen kernlos sein können, gründe ich selbstverständlich nicht blos auf das Ansehen feinster Schnittchen, die ich aus der gefrorenen oder durch chromsaures Kali gehärteten Leber genommen habe. Denn da mir die Abwesenheit der Kerne sehr überraschend war, so habe ich kein Mittel, durch welches man dieselben nachzuweisen vermag, unversucht gelassen. Aber trotzdem dass ich die Schnittchen mit heissem Aether, durch Kochen mit salzsäurehaltigem Alkohol, durch wässerige Essigsäure oder durch mehrtägige Einwirkung einer 10prozentigen Kochsalzlösung aufhellte oder die Schnittchen in saurer Carminlösung färbte, gelang es nicht, einen Kern sichtbar zu machen. Da mir nun eine Leber mit kernlosen Zellen zuerst an einem Thiere aufstiess, das, weil es zu Versuchen über Gallenabsonderung benutzt war, viele Stunden hindurch ohne gefüttert zu werden gelegen hatte, so kam ich auf den Gedanken, dass dieser kernlose Zustand der Leberzelle vielleicht mit den Verdauungsperioden in Verbindung stehe. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde einigen Kaninchen das Futter bis zu 60 Stunden entzogen, und ihnen durch einen entsprechenden Schnitt in der linea alba ein kleiner Theil der Leber entnommen. Hierauf wurden die Wunden zur Heilung gebracht, was in der Regel gelang. Wenn sich die Thiere wieder erholt und mehrere Tage reichlich gefressen hatten, wurden sie durch Verblutung getödtet und ihre Leber behufs weiterer Untersuchung möglichst rasch ausgeschnitten. Auf diese Weise gelang es, die Leber derselben Thiere aus zwei verschiedenen Ernährungsstadien der mikroskopischen Beobachtung zu unterziehen. Das Resultat der Versuche hat meine Vermuthung nicht bestätigt. Die Leberzellen

der hungernden Thiere zeigten sich stark getrübt durch Körnchen, welche sich durch Aether wegschaffen liessen. War dieses geschehen, so erwies sich allerdings einigemal eine Anzahl der Zellen als kernlos, aber es fanden sich solche von gleicher Eigenschaft auch in der Leber desselben Thieres, nachdem es wieder gefüttert worden war.

Das Verhalten, welches die kernfreien Leberzellen bieten, ist noch anderweit so eigenthümlich, dass es sich der Mühe lohnt, bei seiner Betrachtung zu verweilen. Die Fig. 2, welche ich der Beschreibung zu Grunde lege, ist nach einem Präparate gefertigt, das dem Thiere entnommen wurde, in dessen Leber nirgends eine kernhaltige Leberzelle zu finden war. Es hatte dasselbe vor und nach der Durchschneidung des Rückenmarks in curaresirtem Zustande zur Beobachtung über Absonderung der Galle gedient und im Verlaufe von 2 Stunden und 20 Minuten 30,6 Cubik-Cm. Galle ausgeschieden. Nach dem durch Erstickung herbeigeführten Tode des Thieres war so rasch als möglich der Gallengang mit gelöstem Berlinerblau und die Pfortader mit Carminleim ausgespritzt. Darauf wurde die Leber mittelst einer Kältemischung in den gefrorenen Zustand versetzt. Sehr feine Schnittchen, die von ihr genommen waren, wurden vor der mikroskopischen Untersuchung zum Theil in Jodserum, zum Theil in 10prozentiger Kochsalzlösung aufbewahrt und nachträglich mit Carmin gefärbt. An diesen Präparaten verliefen die Gallen-Capillaren als sehr feine blaue Streifen in der bekannten Weise. Das Parenchym, welches von ihnen und den Blutgefässen umsäumt wurde, verhielt sich dagegen sehr eigenthümlich, denn es ward durch ein sehr zartes, netzförmigem Bindegewebe sehr ähnliches Fadenwerk durchzogen, in dessen Maschen eine durchscheinende von diffundirtem Carmin röthlich gefärbte Masse lag, welche durch ihr mattes Ansehen von den glänzenden Fäden des Netzwerks deutlich abstach. Die Zelle erschien sonach aus einer Zahl deutlich von einander geschiedener Klümpchen ungleicher Grösse zusammengesetzt.

Wenn man die Frage erhebt, ob sich Aehnliches nicht auch an der gewöhnlichen Leberzelle finde, so kann man zum mindesten auf das Verhalten hinweisen, welches feine Schnittchen der Leber darbieten, die viele Tage hindurch in 10prozentiger Kochsalzlösung unter öfterer Erneuerung derselben gelegen haben. Diese Lösung lockert den Zusammenhang zwischen den Leber-

zellen so sehr, dass sie bei selbst mässigen Bewegungen des Präparates auseinanderfallen; verweilen die isolirten Zellen noch einige Tage in der Kochsalzlösung, so zerlegt sich jede derselben in eine Anzahl kleiner kugeliger Bröckchen; eins von diesen schliesst den Kern der Zelle ein, alle aber erweisen sich als ein Conglomerat noch kleinerer Körnchen. Sonach besteht auch die gewöhnliche Leberzelle aus kugeligen Stückchen, welche durch ein Bindemittel zusammengehalten sind, das sich leichter als alle übrigen Theile in 10prozentiger Kochsalzlösung verflüssigt. — Mit dem Bilde, welches die Figur 2 von der Structur der Leberzelle entwirft, stehen möglicherweise auch die oft beschriebenen Fäden in Verbindung, welche man aus der Substanz der Zelle heraus sich erstrecken sieht. Diese Fädchen sind allerdings nur in der mit chromsaurem Kali gehärteten Leber sichtbar, aber sie sind so scharf begrenzt und öfter mit so zahlreichen Aestchen ausgestattet, dass es schwer sein dürfte, sie für Bruchstücke einer ursprünglich formlosen Substanz zu erklären, die erst durch die Härtung eine Gestalt gewann.

Beachtenswerth erscheinen auch die Gestalten, welche die Zellen der ganz frischen Leber anzunehmen vermögen, wenn die Pfortader unter einem Druck von mehr als 50 Mm. Quecksilber mit steifem Leim (10 Wasser zu 1 Gel.) injicirt wurde. Unter diesen Umständen pressen und zerren die nach allen Richtungen hin ausgedehnten Blutcapillaren die Leberzellen in die abenteuerlichsten Gestalten. Die Zellenbalken erscheinen viel schmaler als an der uninjicirten Leber. Die Brücken zwischen ihnen sind in die Länge gezogen. Diese Gestaltsveränderung bezeugt, dass die Massentheile, aus welchen die Zelle besteht, gegen einander eine grosse Verschiebbarkeit besitzen. Als eine nothwendige Folge derselben wird man es anzusehen haben, dass die sogenannten Gallencapillaren mit jeder Aenderung des Blutstromes ihre Lichtung und ihren Verlauf ändern. Vorausgesetzt nun, es seien dieselben Intercellulargänge, wofür man sie gegenwärtig allgemein hält, so würde man eine eigenthümliche Verbindungsweise je zwei benachbarter Zellen anzunehmen haben, um es zu erklären, warum die Gallencanäle sich nicht öffnen, trotzdem dass die Kräfte, welche auf die Zellenoberflächen wirken, sie nach entgegengesetzter Richtung auseinanderzerren.

2. Ueber die Structur, welche den Wandungen der kleinern Gallengänge eigen ist, habe ich Folgendes mitzutheilen. So lange

denselben das oft beschriebene Cylinderepithel zukommt, ist auch auf der äussern Seite dieses letztern eine mehrfache Schicht eines gestreiften Gewebes sichtbar, zwischen das in regelmässigen Abständen zahlreiche Spindelchen eingesprengt sind. Die Streifen und die längere Achse der Spindeln laufen nach der Länge des Ganges. Fig. 3 im Quer- und Fig. 4 im Längenschnitt. Aus der streifigen Masse und namentlich aus ihren äussern Lagen lassen sich leicht sehr lange ungetheilt verlaufende Fäserchen isoliren, welche den Bindegewebsfibrillen vollkommen ähnlich sehen. Werden feine Schnitte des interlobulären Lebergewebes bis zwei Stunden hindurch in salzsäurehaltigem Alkohol (1 p. Mille) gekocht, so verschwindet das streifige Gewebe spurlos; dieses verhält sich somit wesentlich anders als die Mittelschicht der kleinen Arterien, welche zu jener Zeit von dem genannten Reagens noch nicht merklich angegriffen ist. Diese Thatsachen sprechen dafür, dass die Streifen aus mehrfachen Lagen collagener Fibrillen gebildet sind. Die Spindelchen gewähren den Anschein von Zellenkernen. Ob sie als solche zu deuten sind, wird erst dann entschieden sein, wenn es gelungen ist, die Zellen, denen sie angehören, zu isoliren. An den Präparaten, die in salzsäurehaltigem Alkohol gekocht sind, liegen die Spindeln noch fest in ihrer Lage; ob dieses darum geschieht, weil ihre zugehörigen Zellen zu Häuten verschmolzen sind, bleibt darum unentschieden, weil nach dieser Behandlung auch elastische Formen in der Wand des Canals zu Tage kommen.

Nach der gegebenen Beschreibung würde die Umhüllung des Epithels der feinern Gallengänge zu den Bindegewebshäuten gestellt werden dürfen, die abwechselnd aus Fibrillen und Zellen bestehen, es würden derselben dagegen die Muskeln fehlen, welche ihr *Heidenhain* zutheilt. Da die anatomische Zergliederung von faserigen Gebilden den physiologischen Beweis, auf welchen *Heidenhain* seine Annahme gründet, nicht umstossen kann, so muss es der Zukunft überlassen bleiben, die Faserung nachzuweisen, welche durch den electrischen Strom zu Zuckungen veranlasst wird. Sollten nun auch dereinst durch die anatomische Untersuchung Muskelfasern an der Wand der feinern Gallengänge nachgewiesen werden, so würden dieses nur solche sein können, welche längs der Achse des Gallengangs verlaufen, niemals aber circuläre, da, wie erwähnt, die Streifung der Wand und die

grosse Achse der spindelförmigen Kerne immer dem Längsverlauf der Gänge parallel gehen.

Innerhalb des Raumes, der zwei Leberinseln von einander trennt, bilden die Gallengänge bekanntlich ein sehr reichliches Netzwerk, Fig. 4. Die zahlreichen Aestchen, welche aus diesen in die Leberläppchen selbst hineintreten, führen anfänglich noch eine Wand, welche zwar zarter als die der grösseren Gänge, aber sonst noch aus denselben Elementen, wie diese, gebaut ist. Wenn sie aber in das Läppchen hineintreten, so verschwindet die streifige Umhüllung zugleich mit dem Cylinderepithel; es verbleibt ihnen somit nur noch die Schicht platter Zellen mit spindelförmigem Kerne. Diese letzteren, welche in spiraliger Anordnung um das Gefäss herumliegen, treten in der Regel stark über die Wandfläche hervor, welche sich als eine äusserst feine Haut von einem zu dem andern Kerne hin erstreckt. Canäle, deren Wände die eben beschriebenen Eigenschaften besitzen, lassen sich zwischen die Leberzellen selbst verfolgen. Dies gelingt mit Sicherheit auf zweierlei Weise, von denen jede ihre besonderen Vorzüge besitzt.

Ueber den Verlauf der Gänge bis in die Läppchen hinein gewinnt man sicheren Aufschluss an kleineren Stückchen Lebersubstanz, die unter wiederholter Erneuerung der Flüssigkeit so lange in 10prozentiger Kochsalzlösung macerirt sind, bis bei leisem Schütteln derselben die Leberzellen herausfallen, so dass im Wesentlichen nur noch die Stämmchen der Blut- und Gallengefässe sammt ihrem Bindegewebe übrig bleiben. Ist das Präparat so weit gediehen, so kocht man dasselbe etwa 2 Stunden in salzsäurehaltigem Alkohol (1 p. Mille), giesst diesen ab und wäscht die Stückchen unter wiederholter Erneuerung des Wassers in einer flachen Schale mehrere Tage hindurch aus. Unter dieser Behandlung quellen die Stückchen bedeutend auf und werden zugleich sehr brüchig, so dass dieselben nur bei grosser Vorsicht im Zusammenhang auf das Objectglas zu bringen sind. Da die Structur der Wand des Gallenganges bei dieser Behandlung sich mehr oder weniger verwischt, so ist es rathsam, die Gallengänge mit einer wässerigen Lösung von Berlinerblau zu injiciren, bevor man die Leberstückchen der beschriebenen Reihenfolge von Operationen unterwirft.

Um die Einzelheiten der Wandstructur mit Deutlichkeit zu erkennen, spritzt man in den ductus choledochus der möglichst

frischen Leber eine 0.5prozentige Lösung von Chlorpalladium so lange ein, bis die wulstförmige Erhebung auf der Leber-Oberfläche das Eindringen der Flüssigkeit in die Zwischenräume der Läppchen anzeigt. Diese so vorbereitete Leber legt man in eine kalt concentrirte Lösung von chromsaurem Kali; nachdem sie dort etwa zwei Tage verweilt, führt man einige Schnitte durch dieselbe, um das Eindringen der Salzlösung zu erleichtern. Wenn nun etwa im Verlaufe von 8 Tagen die Leber den nöthigen Härtegrad erreicht hat, so lässt sich mit Hülfe einer Zahnbürste, mit der man die in eine verdünnte Lösung von chromsaurem Kali eingetauchte Leber klopft, die grösste Masse der Leberzellen leicht entfernen. Ist dieses geschehen, so bleibt ein steifes cubisches Netzwerk übrig, das im Wesentlichen nur noch die Bestandtheile des Interlobularengewebes enthält.

Aus diesem gelingt es nun leicht, mittelst der Scheere und des Pinsels Präparate herzustellen, an denen man den Uebergang der feinen Gallencanäle zwischen die Leberzellen zu verfolgen vermag. Für diese Präparationen ist es nicht nothwendig, die Gallengänge mit gefärbter Masse auszuspritzen, weil sie an der untadelhaft erhaltenen Structur ihrer Wandungen kenntlich sind.

Die Figur 4 giebt den Verlauf der Gallengänge und zwar möglichst getreu nach einem Präparate wieder, welches durch Macerationen und Kochen in salzsäurehaltigem Alkohol dargestellt war. Die Structur, welche eine Anzahl von Gängen in dieser Figur zeigt, ist dagegen Präparaten nachgebildet, welche durch Chlorpalladium und chromsaures Kali gehärtet waren. — Aus den grösseren Stämmen, welche innerhalb eines Leberlappens laufen, treten zahlreiche Aeste hervor, und bilden in dem interlobularen Raume ein Netz, welches in vollkommenster Klarheit vorliegt, da alles verdeckende Bindegewebe entfernt ist. Dieser durchsichtige Raum ist beiderseits von Häufchen krümelicher Massen begrenzt, welche durch die Reste von Leberzellen, die sie enthalten, sich als die Residuen der Läppchen zu erkennen geben. Die ganze Masse dieser Rückstände der Läppchen enthält ausser den Trümmern von Leberzellen noch eine verfilzte elastische Masse, deren Formbestandtheile so innig miteinander verschmolzen sind, dass mir eine klare Einsicht in ihre Elemente nicht gelungen ist. In und auf diesem elastischen Filz liegen feine netzförmig verbundene Gallengänge zu Maschen angeordnet, welche denjenigen der Gallencapillaren

vollkommen gleichen. Wenn ich dennoch anstehe, sie ohne Weiteres dafür zu erklären, so geschieht dieses darum, weil die Gefässe des Maschennetzes einen grösseren Durchmesser haben, als er sonst den Gallencapillaren eigen ist und weil ihre Lichtung von einer Haut umgeben, die namentlich an den Stellen deutlich hervortritt, an welchen der blaue Inhalt des Canals von einander gewichen ist. Die beiden genannten Eigenschaften machen allerdings die Deutung der netzförmigen Gefässe als Gallencapillaren nicht unmöglich, aber sie mahnen zur Vorsicht, so lange es nicht feststeht, dass die letzteren eine selbständige Wand besitzen, die elastisch genug ist, um nach ihrer Lösung aus der natürlichen Verbindung aus feinen und gestreckten in weite und kurze Gänge überzugehen.

3. Aufgemuntert durch die Erfolge, welche die Injection einer Lösung von Alkannin in Terpentinöl im Bereich der Lymphgefässe erzielt hat, verwendete ich dieselbe Flüssigkeit zur Ausspritzung der Gallengänge. Die Alkanninlösung geht unter dem Druck von 25 Mm. Hg. äusserst rasch in dem Gallengang vorwärts, wobei sich die peripherischen Theile der Läppchen stark und gleichmässig roth färben. Um die Erfolge der Injection zu studiren, ist es am gerathensten, aus der gefrornen Leber feine Schnittchen darzustellen und diese entweder frisch oder nach längerem Liegen in 10prozentiger Kochsalzlösung zu untersuchen. Das Aussehen eines solchen Schnittes giebt die Figur 5 wieder. Die Stämmchen der Gallengänge zeigen, so lange sie in den interlobulären Räumen verlaufen, nichts Abweichendes. Sehr eigenthümlich verhalten sie sich dagegen beim Uebergang in die Läppchen selbst. In diesen vermisst man jede Andeutung von Gallencapillaren. Statt in dieser weiter zu schreiten, ist die Farbstofflösung unmittelbar in die Leberzellen übergegangen und zwar, wie es scheint, durch Gänge, welche vom interlobulären Raum her unmittelbar in die angrenzenden Leberzellen ausmünden. So erscheinen denn die Balken der Leberzellen als eine directe Fortsetzung der Gallengänge, die zu den Läppchen herantreten. Dieses Bild entspricht ganz der Beschreibung, welche *E. H. Weber* schon vor vielen Jahren nach der Injection des Leberganges mit einer weingeistigen Lösung von Gummi guttae gegeben hat. Durch eigene Versuche kann ich die von dem berühmten Anatomen gelieferte Beschreibung nur bestätigen. Die Flüssigkeit, welche ich zur Injection verwendete, be-

reitete ich dadurch, dass ich käufliches Gummi guttae mit Alkohol auszog, diesen filtrirte und die Lösung durch Eindampfen concentrirte. Diese klare, sehr intensiv gelb gefärbte Flüssigkeit wurde in den Gallengang eingespritzt. In dem Augenblick, wo sie mit den feuchten Wandungen des Ganges in Berührung kommt, fällt das Harz in den bekannten äusserst feinen Kügelchen aus der Lösung aus. Trotzdem gelangt der Farbstoff in die Leberzellen und erfüllt diese mit einer grossen Zahl feiner Körnchen.

Um diesen Befund mit demjenigen in Einklang zu bringen, welchen die Einspritzung einer wässerigen Lösung von Berlinerblau herbeiführt, könnte man zu verschiedenen Annahmen greifen. Eine der nächstliegenden würde behaupten, dass durch den Alkohol und das Terpentinöl die Grenzschicht, welche die Binnenräume der Gallencapillaren und der Leberzellen von einander trennt, aufgelöst oder durch Schrumpfung zerrissen sei, so dass sich nun die genannten Flüssigkeiten in das Innere der Leberzelle ergiessen konnten. Die Richtigkeit dieser Unterstellung suchte ich dadurch zu prüfen, dass ich auf eine Injection mit Alkannin eine solche mit wässerigem Berlinerblau folgen liess. Der Erfolg zeigte die Unhaltbarkeit der soeben versuchten Erklärung, denn das Berlinerblau beschränkte sich innerhalb der Leberläppchen durchaus nur auf die Wege, welche es auch ohne eine vorhergegangene Injection von Alkannin und die dadurch bewirkte Röthung der Leberzellen innehält. Somit konnte das Alkannin nicht durch grobe Oeffnungen in das Innere der Leberzellen gelangt sein. Die angestellte Doppel-Injection war jedoch nach einer Richtung hin lehrreich. Der Durchmesser der grössern Gänge, Fig. 8, und derjenige der Lebercapillaren war auffallend grösser, als er nach der einfachen Injection zu sein pflegt. Im Bereiche der Capillaren lässt sich diese Aenderung kaum anders als durch eine Schrumpfung der Leberzellen erklären. Wenn aber diese stattgefunden hat, so müssen die beiden Hälften, aus welchen sich die als Intercellulargang gedachten Gallencapillaren zusammensetzen sollen, sehr innig mit einander verschmolzen sein, weil sich der Durchmesser der letzteren so bedeutend erweitern kann, ohne eine Zerreissung, ja ohne eine Aenderung ihres kreisförmigen Querschnittes herbeizuführen.

Nachdem die Vorstellung beseitigt war, dass dem Eindringen des harzigen Farbstoffes in die Leberzellen eine Zerreissung

vorausgegangen sei, war an einen Uebergang durch Inbibitionen zu denken. Um den Uebertritt der in Wasser unlöslichen Stoffe in die mit letzterem durchtränkten Gebilde erklärlich zu machen, würde man die Anwesenheit von Gallenbestandtheilen zu Hülfe zu nehmen haben. Aus einer genaueren Betrachtung der Präparate erwächst jedoch alsbald die Ueberzeugung, dass keine Diffusion stattgefunden hat, denn es ist ein gewöhnliches Vorkommen, dass tiefrothe und vollkommen farblose Zellen unmittelbar neben einander gelegen sind. Zudem lässt sich auch leicht nachweisen, dass die Alkanninlösung in das Lebergewebe nicht zu diffundiren bestrebt ist. Denn wenn man Stückchen desselben in die Alkanninlösung untertaucht und sie dort noch so lange verweilen lässt, so dringt die rothe Flüssigkeit niemals in das Innere des Leberstückchens, wohl aber haftet sie fest an der Oberfläche, woraus denn hervorgeht, dass das Terpentinöl nur bis zu dem Punkte vorschreitet, zu welchem es durch den Druck getrieben ist.

Sonach wird man auf dem Wege der Exclusion zu der Ueberzeugung geführt, dass die Lösungen in Terpentinöl und Spiritus durch Filtration in das Innere der Leberzellen gekommen seien. Da das Terpentinöl aus den grösseren Lebergängen nicht in das umgebende Bindegewebe filtrirt, so liegt der Gedanke nahe, dass sich die Umgrenzung der Gallencapillaren einer besonders porösen Beschaffenheit erfreue, was ja auch der Fall sein müsste, wenn die Capillare nichts Anderes als ein Ausschnitt der Zellenmasse selbst wäre.

Man könnte desshalb in dem Verhalten des flüchtigen Oeles einen Beweis für die Abwesenheit einer selbständigen Wand sehen. Dieser Schluss wäre jedoch ein voreiliger. Denn beachtenswerther Weise gelingt es, auch bei Anwendung von Drücken, die 30 Mm. Hg. nicht überschreiten, von der Pfortader aus die Leberzellen mit alkanninhaltigem Terpentinöl roth zu färben und zwar ganz in derselben Weise, wie von dem Lebergange aus. In diesem Falle musste also das Terpentinöl durch eine aus Endothelien gebildete Wand dringen, bevor es in die Leberzelle gelangen konnte. Bei dieser Gelegenheit scheint es der Erwähnung werth, dass Terpentinöl, welches aus den Pfortaderzweigen in die Leberzellen gelangt ist, nicht in die Gallencapillaren oder in die Stämmchen der Gallenwege übergeht, eine Erscheinung, welche

abermals für einen besondern Abschluss des Binnenraums der Zelle von demjenigen der Gallencapillaren spricht.

4. *Mac Gillavry* hat bekanntlich sowohl von den Lymphgefässen aus als auch durch Einstich Räume injicirt, welche die in den Läppchen gelegenen Blutgefässe umgeben. Diese Beobachtungen, welche ursprünglich nur für die Hundeleber galten, sind von *Frey* und *Irminger* auch für die Leber der Kaninchen bestätigt worden. Gegen die Deutung dieser perivasculären Räume als Anfänge der Lymphgefässe ist indess *E. Hering* in seiner ausgezeichneten Abhandlung aufgetreten. Den Widerspruch mit seinen Vorgängern stützt *Hering* vorzugsweise darauf, dass es ihm beim Kaninchen nicht gelungen sei, jene perivasculären Räume herzustellen. Aus diesem Grunde dürfte es nicht ohne Interesse sein, zu erwähnen, dass ich ebenfalls in der Kaninchenleber mittelst Einstichs die genannten Räume mit wässerigem Berlinerblau zu füllen vermochte. Wenn dieses geschehen ist, so ziehen sich feine blaue Streifen zwischen den Blutcapillaren und den Leberzellen hin. Vorzugsweise schön wird das Bild, wenn sich die Räume um die vena centralis gefüllt haben, weil von dem blauen Kreise, der sie umgiebt, den Blutcapillaren entlang feine blaue Streifen bis gegen den Umfang des Leberläppchens sich erstrecken. — Die perivasculären Räume kann man dadurch darstellen, dass man Blutserum unter einem Druck von 30—50 Mm. anhaltend in die Pfortader fliessen lässt. Schnitte aus einer auf diese Weise behandelten und in chromsaurem Kali gehärteten Leber lassen die perivasculären Räume so erkennen, wie sie in Figur 6 dargestellt sind. In solchen Präparaten werden die Blutgefässe von scharf markirten Kreisen umsäumt. Jenseits dieser, dicht an den Leberzellen, sieht man denn auch öfter Kerne, deren Deutung allerdings fraglich ist, die aber doch wahrscheinlich Endothelzellen angehören, welche man an Zerzupfungspräparaten der Leber häufig genug zu Gesicht bekommt.

Ein eigenthümliches Ansehen gewinnt die Umgebung in der Centralvene eines Läppchens, wenn die Leber, aus welcher man sich einen feinen Schnitt bereitet hat, mit alkannahaltigem Terpentinöl injicirt war. Werden die feinen Schnittchen, die aus der gefrornen frischen Leber bereitet wurden, eine Zeit hindurch in Essigsäure macerirt, so gewinnt man ein Bild, wie es in Figur 7 wiedergegeben ist. Ich will hier gleich bemerken, dass es gleichgiltig ist, ob man die Schnitte senkrecht oder parallel zur

Längenachse der Centralvenen geführt hat. Man erkennt, dass die Leberzellen von der Wand der Vene zurückgewichen sind und dass sich an ihrer Stelle kleine runde Hohlräume eingefunden haben, die, also, weil sie in zwei aufeinander senkrechten Schnitten dieselbe Gestalt aufzeigen, als kugelige Räume anzusehen sind. Die Lage derselben entspricht einer Fortsetzung der Leberzellenbalken. Durchzogen werden sie häufig von sehr feinen Fäden und getrennt werden je zwei benachbarte durch einen breitern Streifen faseriger Masse. Diese Fäden können der grössern Menge nach nichts Anderes als Bindegewebe sein, das in dem Zwischenraum zwischen je zwei Balken von Leberzellen die Läppchen durchzieht. Die Richtigkeit dieser Annahme ergiebt sich daraus, weil an dem Ort, wo jene Streifen auftreten, ausser den Blutgefässen gar nichts Anderes vorkommt, als Bindegewebe. Man hat also nur die Wahl zwischen beiden. Wollte man also auch annehmen, dass diese Streifen Blutgefässe seien, so würde immer nur ein kleiner Theil derselben auf sie bezogen werden können, denn es dringen bekanntermaassen die Blutgefässe nicht in so reichlicher Menge, als hier Streifen vorhanden sind, in die Centralvene ein. Einer Deutung als Blutgefässe sind die feinen Fasern, welche den kugeligen Hohlraum durchsetzen, überhaupt nicht fähig, somit bleibt kein anderer Ausweg, als einen grossen Theil der Fasern für Bindegewebe zu erklären, wozu man denn auch durch ihr optisches Verhalten berechtigt ist. An den Schnitten, welche längere Zeit in Essigsäure macerirt sind, sieht man von den genannten Streifen aus Fortsetzungen in das Läppchen hineindringen, welche überall die Blutgefässe begleiten. Diesen Erfahrungen gemäss muss ich mich auf die Seite der Anatomen stellen, welche innerhalb des Leberläppchens ein Netz von zarten Bindegewebsfäden annehmen. Eine Beziehung dieses letzteren zu den Lymphgefässen glaube ich darin zu erkennen, dass ich öfter an erhärteten Präparaten um die Gefässe herum, welche im Innern der Läppchen liegen, Lymphkörperchen, zuweilen sogar in grösseren Massen, angetroffen habe.

II. Physiologischer Theil.*)

Die Entstehung der Galle würde sich jedenfalls genauer, als es bis dahin möglich war, beobachten lassen, wenn es gelänge, die absondernde Thätigkeit der ausgeschnittenen Leber unter Beihilfe eines künstlichen Blutstromes zu erhalten. Die Hoffnung auf einen günstigen Erfolg ist von vornherein nicht mehr zu bestreiten, seitdem es fest steht, dass der künstliche Blutstrom den Nerven und den Muskeln die Lebenseigenschaften lange Zeit hindurch bewahren kann. Gesetzt also, es seien zur Bildung und Fortführung der Galle die specifischen Wirkungen der Nerven nothwendig, so liegt von dieser Seite her kein Grund vor, warum während der künstlichen Strömung des normalen Blutes die Gallenabsonderung unterbleiben sollte. Anderseits tritt auch dem Unternehmen, durch die möglichst frische Leber einen raschen Strom defibrinirten Blutes zu leiten, nicht die Schwierigkeit entgegen, welche ihm andere Drüsen z. B. die Nieren und die Darmschleimhaut entgegensetzen, da die Wandungen der Pfortader weitaus nicht mit so vielen Muskeln besetzt sind, wie die der zuführenden Gefässe zu den genannten Organen. In der That strömt das Blut, welches in die Pfortader eingelassen wird, durch die Leber mit einer Geschwindigkeit, die den Drücken, unter denen es ankam, proportional sind.

Als vor fünf Jahren Herr Prof. C. Ludwig diese Erwägungen Herrn Dr. *Schmulewitsch* mittheilte, liess sich derselbe zur Ausführung einer Versuchsreihe bestimmen, aus der er in einer kurzen Notiz darum Einiges mitgetheilt hat, weil er durch seine Verhältnisse gezwungen war, seine Arbeit zu unterbrechen. Die Fortsetzung derselben hoffte er alsbald in dem hiesigen Laboratorium wieder aufnehmen zu können. Da ihm dieses jedoch mehrere Jahre hindurch unmöglich war, so habe ich keinen Anstand genommen, bei meinem Aufenthalte in Leipzig die abgebrochene Untersuchung weiter zu führen.

---

*) Wenn in den nachstehenden Blättern auf die indess erschienene Abhandlung des Herrn Dr. Röhrig kein Bezug genommen ist, so möge dieses darin seine Entschuldigung finden, dass Herr Dr. Asp das Manuscript schon im Frühjahr 1873 eingeschickt hat; die Ursache des verspäteten Drucks lag in gewerblichen Verhältnissen. C. Ludwig.

Den Versuchen, durch welche die gestellte Aufgabe erledigt werden sollte, schickte ich andere voraus, durch welche ich prüfen wollte, welche Störungen die Leber innerhalb ihres normalen Standortes zu ertragen vermochte, bevor sie ihre absondernde Thätigkeit einstellte. Auf die Beschreibung dieser gehe ich zunächst ein.

1. Der leichteren Handhabung des Thieres wegen empfahl sich die Vergiftung desselben mit Curare. Man musste sich desshalb vor Allem vergewissern, wie sich die Absonderung der Galle vor und während der Curare-Vergiftung stellte. Als der entsprechende Versuch an einem Kaninchen angestellt wurde, ergab es sich, dass nach vorgängiger Abbindung der Gallenblase aus dem Röhrchen, welches in den Gallengang eingesetzt war, vor der Vergiftung im Verlaufe von 30 Minuten 3,7 Ccm. ausflossen. Nachdem das Thier mit Curare vergiftet und die künstliche Athmung eingeleitet war, flossen im Verlaufe von 1 Stunde 5,6 Ccm. aus. Die Absonderungsgeschwindigkeit während der Vergiftung betrug also nur drei Viertheile von derjenigen, welche vor derselben vorhanden gewesen. Es mag dahingestellt bleiben, ob diese Verminderung auf Rechnung des Curare oder auf die anderer Umstände zu setzen ist; jedenfalls geht aus diesem Versuche hervor, dass auch während der Curare-Vergiftung die Leber zu einer reichlichen Gallenbildung befähigt ist. Da zu dieser Ueberzeugung auch andere Beobachter und unter diesen namentlich *Schmulewitsch* gelangten, so hielt ich es nicht für nothwendig, diesen Versuch zu wiederholen.

2. Wenn man die Leber eines Thieres zur künstlichen Durchleitung von Blut vorbereitet, so wird man immer zu erwarten haben, dass während einiger Minuten, die zum Einführen einer Canüle in die Pfortader nothwendig sind, der Blutstrom durch unser Organ entweder vollständig unterdrückt, oder zum mindesten sehr geschwächt wird. Daraus floss die Nothwendigkeit, auch den Einfluss der Stromstockung zu prüfen. Um diesen Versuch an lebenden Thieren möglich zu machen, bedarf es eines kleinen Kunstgriffes, weil die Kaninchen nach der totalen Unterbindung der Pfortader bekanntlich rasch absterben. Das vorgesteckte Ziel ist also nur dadurch zu erreichen, dass man einen Theil der Leber stromfrei macht und den Abfluss der Galle aus dem andern verhindert. Zu diesem Ende werden zuerst die a. hepatica die a. hepatico-duodenalis und der ductus

cysticus unterbunden, dann aber um einen starken Ast der v. portarum mit Hilfe des Ligaturstäbchens eine Fadenschlinge gelegt, und die Aeste des Gallengangs unterbunden, die zu den Theilen der Leber gehen, deren Pfortaderäste nicht umschlungen sind. Hat man dieser Anweisung gemäss z. B. um einen grossen nach links sich wendenden Ast der Pfortader eine Schlinge gelegt und zugezogen, so wird nun, weil auch die Arterie zugebunden ist, die linke Abtheilung der Leber ihres Blutstromes vollkommen beraubt sein. Von der Richtigkeit dieser Behauptung habe ich mich durch die künstliche sorgfältig ausgeführte Injection überzeugt, während welcher die vena hepatica selbstverständlich offen blieb. Umschnürt man nach Unterbindung des linken Pfortader-Astes die Zweige des Gallenganges, welche aus dem Theil der Leber hervorgehen, der noch vom Pfortaderblute durchsetzt wird, so wird man alle die Galle abhalten, welche in jenem Leber-Abschnitt gebildet wird. Auch hierfür giebt die künstliche Injection des Gallenganges den Beweis. Da nun das Thier wegen nur theilweiser Verödung der Pfortader ungestört fortlebt, so gelingt es jetzt, die Absonderung in einem Theile der Leber als Function des unterbrochenen und wiederkehrenden Stromes zu prüfen. Der Bequemlichkeit der Operation wegen habe ich immer die Gänge der rechten Leber-Abtheilung festgeschlossen, um den linken Pfortader-Ast aber eine Ligatur gelegt, welche mittelst des Stäbchens leicht geöffnet und leicht geschlossen werden kann. Diese Operation, welche mancherlei Schwierigkeiten bietet, liefert das gewünschte Resultat nicht immer im vollsten Maasse, insofern als es nicht immer gelingt, alle die Aeste der Pfortader stromlos zu machen, welche sich in dem Revier verbreiten, aus dem die offen gebliebenen Gallengänge ihren Ursprung nehmen. Einigemal ist mir dieses jedoch vollkommen gelungen. Die Erscheinungen, welche die Gallenabsonderung in diesen Fällen bot, wird durch die folgende Zahlenreihe ersichtlich.

1.

Fortlaufende Zeit in Minuten	Mittlere Gallenmenge in der Minute	Zustand der Pfortader
0 bis 25	1,24	Pfortader offen
von da bis 31	1,0	
» » 40	0,0	linker Pfortaderast geschlossen

Fortlaufende Zeit in Minuten	Mittlere Gallenmenge in der Minute	Zustand der Pfortader
von da bis 48	0,8	linker Pfortaderast wieder geöffnet
» » 64	1,2	
» » 72	0,0	Pfortaderstamm geschlossen
» » 84	0,5	» » wieder geöffnet
» » 116	1,5	

2.

0 bis 8	2,8	
von da bis 13	1,6	
» » 17		linker Pfortaderast geschlossen
» » 29	0,0	
» » 31	3,8	» » wieder geöffnet
» » 54	2,4	

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dass eine Leber, welche den Blutstrom länger als 10 Minuten entbehrt hat, die Gallenbildung von Neuem vornehmen kann, wenn das Blut wieder zugelassen wird.

An die Mittheilung dieser sehr vollkommen gelungenen Beobachtungen schliesse ich noch diejenigen zweier anderen, in welchen die Absonderung während der Unterbindung des Pfortaderastes nicht vollkommen stockte, sondern sich nur auffallend verminderte, weil, wie ich vermuthe, die Unterbindung der Pfortader nicht in der gewünschten Ausdehnung gelungen war. Den festen Rückstand der ausgeflossenen Galle, der unter den nachstehenden Zahlen aufgeführt ist, habe ich in der Absicht bestimmt, um zu erfahren, ob die Galle, welche nach der Wiederöffnung des Blutstromes abfloss, gleich beschaffen sei mit der, welche vor dem Beginn der Verschliessung abtropfte.

3.

Zeit der Aufsammlung in Minuten	In 10 Minuten ausgeflossene Galle in Ccm.	Feste Bestandtheile in Prozenten	Zustand des linken Pfortaderastes
43	1,1	1,72	offen
136	0,25	1,66	geschlossen
130	0,22	1,64	offen

4.

42	0,71	2,15	offen
104	0,19	1,86	geschlossen
80	0,27	2,11	offen

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass sich die Absonderung nicht wieder oder wenigstens nur sehr unvollkommen wieder herstellt, wenn nach stundenlanger Verschliessung der Blutstrom wieder beginnt, denn in Versuch 3 war die Absonderungsgeschwindigkeit der Galle, welche sich nach Wiederöffnung des linken Pfortaderastes einfand, in Vergleich zu der, welche während des Schlusses vorhanden gewesen, gar nicht und im Versuch 4 nur sehr unbedeutend gewachsen. Die Qualität der abgesonderten Flüssigkeit war dagegen, so weit dieses aus dem Rückstand zu schliessen ist, unverändert geblieben. Aus der soeben mitgetheilten Versuchsreihe ist also zu ersehen, dass eine kurze, bis zu 10 Minuten andauernde Stromlosigkeit der Leber nicht dafür verantwortlich zu machen ist, wenn nach der Ersetzung des natürlichen durch den künstlichen Blutstrom die Gallenbildung unterbleiben sollte. Denn die Einsetzung der Canüle behufs der Einleitung des künstlichen Blutstromes nimmt eine weit kürzere Zeit in Anspruch.

3. Da es bisher noch nicht gelungen ist, die Geschwindigkeit zu messen, mit welcher der Blutstrom durch die in der Gallenabsonderung begriffene Leber des lebendigen Thieres fliesst, so fehlt uns jeder Anhalt dafür, welche Geschwindigkeit dem künstlichen Blutstrom zu geben sei, damit er am günstigsten für die Gallenbildung wirke. Die Beobachtungen an der ausgeschnittenen, von einem künstlichen Blutstrom durchsetzten Leber lehren, dass aus der Oberfläche dieser letztern sehr bald eine reichliche Menge seröser Flüssigkeit austritt, wenn das Blut, welches in die Pfortader eingelassen wurde, in einem raschen Strome aus der Lebervene hervorgeht. Da dieses nun bekanntlich im Leben nicht geschieht, und noch mehr, da ein Oedem der Leber schwerlich der Gallenbildung förderlich ist, so erscheint es rathsam, sich bei den Versuchen von künstlicher Gallenbildung nur eines mässig raschen Blutstromes zu bedienen. Bei dieser, durch die Verhältnisse gebotenen Beschränkung war es nothwendig, zu ermitteln, wie sich die Gallenabsonderung an einer lebendigen Leber verhalte, wenn die Geschwindigkeit ihres Blutstromes um ein Bedeutendes unter das gewöhnliche Maass derselben herabgebracht worden war. Zu diesem Ende stehen drei Wege offen: die Unterbindung eines Pfortaderastes, während der entsprechende Zweig der Leberarterie offen bleibt, die Verengung des Pfortaderstammes, die Durchschneidung des Rückenmarkes. Von

den Versuchen, welche dieser Plan vorzeichnete, habe ich nur die der zweiten und dritten Reihe ausgeführt, da die erste derselben schon von *Schmulewitsch* unternommen war. Der Vollständigkeit wegen gestatte ich mir jedoch, die Beobachtungen des letztern aus seinen hier zurückgelassenen Aufzeichnungen mitzutheilen.

a) In der Versuchsreihe, welcher die folgenden Zahlen entnommen sind, hatte Dr. *Schmulewitsch* an Hunden und Kaninchen einen Ast der Pfortader und einen solchen des Gallengangs unterbunden, und dieses zwar mit der Auswahl, dass die Gallengänge jener Leberabtheilung, deren Pfortaderzweige geschlossen waren, offen blieben, während diejenigen der Lappen, welche noch Pfortaderblut erhielten, zugeschnürt wurden. Da die Leberarterie nirgends mit einer Ligatur versehen war, so konnte sich die in der Leber gebildete Galle nur aus den Zweigen des ductus choledochus entleeren, welche der Abtheilung angehörten, die allein aus Leberarterie ihr Blut empfing. In dem der Beobachtung unterworfenen Thiere war selbstverständlich auch die Gallenblase unterbunden. Zum Verständniss der folgenden Zahlen gehört noch die Bemerkung, dass Dr. *Schmulewitsch* die ausgeschiedene Galle in einem Röhrchen auffing, welches überall gleichweit und mit einer Scala versehen war. Die Quantitäten der ausgeflossenen Galle sind also in Scalentheilen des Röhrchens ausgedrückt.

Hund.

Zeit des Aufsammelns	Geschwindigkeit in 1 Minute	Zustand der Gefässe
0 bis 10	0,10	Alles offen
20	0,95	
30	0,70	
40	0,66	
0 bis 10	0,45	Rechter Pfortaderast unterbunden
28	0,42	

Hund.

Zeit des Aufsammelns	Geschwindigkeit in 1 Minute	Zustand der Gefässe
0 bis 10	3.3	Alles offen
20	2,6	
30	1,9	
40	2,1	
0 bis 15	2,0	Der rechte Pfortaderast unterbunden
30	2,2	
60	2,3	

Hund.

Zeit des Aufsammelns	Geschwindigkeit in 1 Minute	Zustand der Gefässe
0 bis 10	4,6	Alles offen
20	3,1	
0 bis 30	0,3	Der rechte Pfortaderast unterbunden
60	0,4	

Kaninchen.

0 bis 10	9,4	Alles offen
0 » 20	8,3	
0 » 30	7,8	
0 » 20	4,1	Der rechte Pfortaderast unterbunden
0 » 30	4,8	

Kaninchen.

0 bis 17	10,0	Alles offen
0 » 20	5,3	Der rechte Pfortaderast unterbunden
0 » 12	0,9	Arterie und rechter Pfortaderast zu
0 » 13	4,8	Rechter Pfortaderast geöffnet
0 » 17	1,8	Rechter Pfortaderast geschlossen

Kaninchen.

0 bis 14	7,3	Alles offen
0 » 27	1,6	Rechter Pfortaderast geschlossen
0 » 13	1,5	Pfortaderast geöffnet

Aus den Ergebnissen dieser beachtenswerthen Beobachtungen geht hervor, dass die von der Leberarterie eingeführte Blutmenge zur Unterhaltung der Gallenabsonderung genügt, keineswegs jedoch, dass das zu jener Funktion nöthige Blut die Eigenschaften des arteriellen haben dürfe. Denn die durch die Leberarterie einströmende Flüssigkeit verliert bekanntlich, bevor sie in die Leberinseln eintritt, in ihrem ersten Capillarsystem ihre hellrothe Farbe.

b) Verengung des Durchmessers eines Pfortaderastes. Das Thier, an welchem der Versuch vorgenommen wurde, war in derselben Weise vorbereitet, wie in den bisher erwähnten Beobachtungen. Anstatt jedoch den Pfortaderast, welcher in das

Gebiet des offenen Gallengangs ging, gänzlich zu verschliessen, wurde mit Hilfe der Schlinge nur eine Verengung desselben vorgenommen. Bei einer auf diese Weise ausgeführten Beobachtung kam Folgendes zum Vorschein:

Zeit des Auffangens	Geschwindigkeit der Absonderung in 10 Minuten	Fester Rückstand in Prozenten	Zustand der Pfortader
0— 30	1,40 Ccm.	1,78	offen
30— 50	1,60 »	1,60	ein wenig verengt
50—110	0,45 »	1,79	stärker verengt
1—140	1,40 »	1,87	offen
200	0,30 »	1,53	verengt
226	0,88 »	1,55	offen

c) Das Resultat der Versuche, in welchen die Gallenmenge verglichen wurde, die vor und nach der Durchschneidung des Rückenmarks abgesondert war, theile ich nachstehend in tabellarischer Zusammenstellung mit, da die Methode, nach der sie unternommen sind, zu weiteren Bemerkungen keine Veranlassung giebt.

Versuchs-Nr.	Zustand des Halsmarkes	Beobachtungs-Dauer	Abgesonderte Gallenmenge	Relative Geschwindigkeit	Gehalt der Galle an festem Rückstand	Gehalt der Galle an unverbrennlich. Bestdthln.
1	Unversehrt	30 Min.	3,4 Ccm.	1,00	1,67	0,94
	Durchschnitten	30 »	2,9 »	0,85	1,58	0,96
	»	60 »	4,9 »	0,72	1,48	0,95
2	Unversehrt	45 »	16,0 »	1,00	1,61	0,89
	Durchschnitten	60 »	9,3 »	0,44	1,59	0,99
	»	30 »	5,1 »	0,48	1,59	0,93
3	Unversehrt	60 »	5,7 »	1,00	1,86	0,88
	Durchschnitten	70 »	3,0 »	0,58	2,00	0,84
4	Unversehrt	50 »	6,0 »	1,00	1,72	0,93
	Durchschnitten	30 »	2,0 »	0,56	1,74	0,87
	»	70 »	1,5 »	0,18	1,80	0,92
5	Unversehrt	40 »	6,1 »	1,00	1,78	0,90
	Durchschnitten	116 »	7,6 »	0,42	1,78	0,93
	»	40 »	1,7 »	0,28	—	—

Die drei Versuchsreihen führten zu dem übereinstimmenden Ergebniss, dass mit der Verlangsamung des Blutstromes, welcher die Leber durchsetzt, die Absonderung der Galle im Abnehmen begriffen ist. Die genauere Beziehung, welche zwischen den Geschwindigkeiten des Blutstromes und der Gallenabsonderung besteht, bleibt durch diese Versuche selbstverständlich unaufgeklärt, weil jedes genauere Maass für die Geschwindigkeit des Blutstromes fehlt. Jedenfalls zeigen sie jedoch die innige Abhängigkeit, welche zwischen dem Blutstrome und der Gallenabsonderung vorhanden ist, wie dieses insbesondere daraus hervorgeht, dass mit der Unterbrechung des Blutstromes die Absonderung augenblicklich stockt, und mit dem Wiederbeginn desselben auch alsbald wieder eintritt.

Wenn man die Wirkung, welche die Durchschneidung des Rückenmarks auf die Gallenabsonderung ausübt, mit derjenigen vergleicht, welche durch dieselbe Operation in der Niere hervorgerufen wird, so zeigte sich sogleich, dass die Absonderung der Galle durch den genannten Eingriff viel weniger beeinträchtigt wird, als die des Harnes. Bekanntlich ist die Beziehung, welche zwischen dem Rückenmarke und der Harnabsonderung besteht, nur auf die Aenderungen des Blutstromes gegründet; wollte man ein Gleiches auch für die gallenabsondernde Thätigkeit der Leber annehmen, so würde der Einfluss, welchen das verlängerte Mark mittelst des Blutstromes auf die Gallenabsonderung gewinnen kann, in viel engere Grenzen eingeschlossen sein, als die entsprechende auf die absondernde Thätigkeit der Niere. Die Zahlen, welche (auf der Seite 489) den Gehalt der Galle an festem Rückstand, beziehungsweise an Asche bei verschiedener Absonderungsgeschwindigkeit der Galle darlegen, verdienen, wie mir scheint, alle Beachtung, denn sie weisen darauf hin, dass die Galle eine wesentlich andere Stellung wie der Harn, der Speichel und die Lymphe einnimmt. Die Zusammensetzung jedes der drei genannten Sectreta ist, wie bekannt, entweder von der Geschwindigkeit der Absonderung oder von der Menge der Flüssigkeit abhängig, welche vor der untersuchten Probe schon ausgeflossen war. Aehnliches zeigt sich nicht bei der Galle; sie behauptet, trotz grosser Variationen des in der Zeiteinheit abgeschiedenen Volums, ihren Wasser- und Salzgehalt, so dass hieraus auf eine vollständige Unabhängigkeit der Qualität des gallenbildenden Processes von dem Blutstrome geschlossen werden

kann. Allerdings wird, wenn mehr Blut zufliesst, auch mehr Galle gebildet, die Galle aber, welche entsteht, ist immer gleich zusammengesetzt, gleichgiltig, ob viel oder wenig dargestellt wird bezw. ob sie langsam oder rasch aus der Leber hervorfliesst.

4. Für die Absicht, die ich schliesslich zu erreichen wünschte, reichten die bis dahin ausgeführten Vorversuche noch nicht aus. Sie bezogen sich im Wesentlichen nur auf die Prüfung des Einflusses, welchen die veränderte Stromgeschwindigkeit auf die Gallenabsonderung übt. Dieses war nun aber nicht der einzige Umstand, durch welchen sich die Bedingungen, unter denen ich die sogenannte künstliche Gallenbildung einleiten musste, von denjenigen unterschieden, unter welchen die natürliche vor sich geht. Das Blut, welches zu diesem Versuche benutzt werden konnte, musste defibrinirt, also jedenfalls zum Theile seiner lebendigen Eigenschaften beraubt sein; ausserdem erschien es auch vortheilhaft, die Leber dem Kaninchen, das Blut dagegen dem Hund zu entnehmen, damit das grössere Quantum an Blut für einen länger andauernden Durchleitungsversuch durch die kleine Leber ausreichte. Bei dieser Wahl der Versuchsbedingungen musste sich die Frage erheben, inwieweit die Gallenabsonderung von der Zusammensetzung des Blutes abhängig sei. Zur Erledigung derselben sollten die folgenden Versuche dienen.

a) Wenn gewisse Stoffe des Blutes für die Absonderung der Galle nothwendig sind, in der Art, dass eine bestimmte Menge derselben zur Leber geführt sein muss, um ein bestimmtes Maass an Galle zu erzeugen, so muss die Geschwindigkeit der Absonderung vermindert werden, wenn das Blut durch ein indifferentes Mittel verdünnt wird. Von dieser Ueberlegung ausgehend verdünnte ich das Blut des lebenden Kaninchens mit einer 0,75-prozentigen Lösung von Kochsalz und verglich die Absonderungsgeschwindigkeit der Galle bevor und nachdem dieses gethan war. Das Genauere der Anordnung, unter welcher die Beobachtungen geschahen, bestand darin, dass zuerst aus dem Gallengang unter den früher schon beschriebenen Maassregeln die Geschwindigkeit der Gallenabsonderung eine halbe Stunde hindurch bestimmt wurde. War dies geschehen, so wurden 5 Ccm. der 0,75prozentigen Kochsalzlösung, die auf 38° C. erwärmt war, durch die v. jugularis eingespritzt. In bestimmten Intervallen wurde mit der Injection der gleichen Menge fortgefahren; währenddess aber die abgeflossene Galle aufgefangen und ge-

messen. Nach diesem Plane habe ich drei Versuche angestellt. Einen derselben will ich ausführlich mittheilen, um dem Leser eine deutliche Anschauung über den Gang eines solchen Versuches zu gewähren.

Vor der Injection wurden binnen 30 Minuten 3,1 Ccm. Galle abgeschieden, also für je 10 Minuten 1,03 Ccm. — Hierauf wurden 5 Ccm. der Kochsalzlösung eingespritzt; in den darauf folgenden 10 Minuten flossen 1,1 Ccm. Galle aus. Nach Verfluss derselben geschah abermals die Einspritzung von 5 Ccm. Kochsalzlösung; in den darauf folgenden 10 Minuten flossen 1,1 Ccm. Galle aus. In derselben Reihenfolge wurde jetzt noch zum 3., 4., 5. und 6. Male 5 Ccm. Kochsalz eingespritzt und in den auf jede derselben folgenden 10 Minuten 1,1 Ccm. Galle gewonnen. Als darauf zum 7. Male die Injection ausgeführt war, wurden in den darauf folgenden 10 Minuten nur 0,8 Ccm. Galle erhalten, worauf denn das Thier in wenigen Minuten seinen Herzschlag sistirte. Der trockene Rückstand wurde an drei Portionen der aufgefangenen Galle ermittelt. Zuerst an derjenigen, welche vor der ersten Einspritzung von Kochsalzlösung abgeschieden war, dann an derjenigen, welche nach der ersten bis fünften Einspritzung abfloss und endlich an derjenigen, welche nach der fünften bis siebenten Einspritzung erhalten worden war. Die erste dieser Portionen gab 1,79, die zweite 1,68 und die dritte 1,62 Prozent fester Bestandtheile.

Nach dieser ausführlichen Schilderung eines Versuches wird zur Einsicht in den Verlauf der andern eine tabellarische Zusammenstellung genügen. Diese füge ich, der besseren Vergleiche wegen, den eben mitgetheilten noch einmal bei.

Versuchs-Nummer	Injection von NaCl	Dauer der Gallen-Sammlung	Abgesonderte Gallenmenge	In 10 Minuten abgesondert	Prozentischer Gehalt an festem Rückstand	Prozentischer Gehalt an Asche
1	Vor der Injection	30 Min.	3,1 Ccm.	1,03 Ccm.	1,79	—
	Injection von 20 Ccm. in je 10 Min.	40 »	4,4 »	1,10 »	1,68	—
	Injection von 15 Ccm. in je 10 Min.	30 »	3,0 »	1,00 »	1,62	—

Versuchs-Nummer	Injection von NaCl	Dauer der Gallensammlung	Abgesonderte Gallenmenge	In 10 Minuten abgesondert	Prozentischer Gehalt an festem Rückstand	Prozentischer Gehalt an Asche
2	Vor der Injection	30 Min.	5,6 Ccm.	1,87 Ccm.	2,03	—
1,60 Kil. Körpergewicht	Injection von 20 Ccm. in je 20 Min.	70 »	9,2 »	1,30 »	1,72	—
	Injection von 10 Ccm. in je 30 Min.	80 »	9,6 »	1,20 »	1,45	—
	Injection von 10 Ccm. in je 30 Min.	80 »	9,3 »	1,16 »	1,36	—
	Injection von 10 Ccm. in je 40 Min.	50 »	6,0 »	1,20 »	1,35	—
3	Vor der Injection	30 »	4,6 »	1,53 »	1,96	0,36
1,56 Kil. Körpergewicht	Injection von 20 Ccm. in je 20 Min.	80 »	9,7 »	1,21 »	1,77	0,39
	Keine Injection	30 »	3,3 »	1,10 »	1,52	—
	Injection von 10 Ccm. in je 30 Min.	60 »	6,7 »	1,11 »	1,48	—
	Injection von 10 Ccm. in je 30 Min.	60 »	8,0 »	1,33 »	1,66	—
	Keine Injection	30 »	3,2 »	1,07 »	1,72	—

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, dass den curaresirten Kaninchen sehr grosse Quantitäten von Kochsalzlösung beigebracht werden können, ohne dass hierdurch eine merkliche Aenderung des abgeschiedenen Gallenvolumens bewirkt wird, denn die Schwankungen, welche nach der Injection von Kochsalz in der Gallenabscheidung auftreten, fallen nicht grösser aus, als sie Anfangs vorkommen. Der Gehalt an festen Bestandtheilen

scheint sich dagegen in der Galle nach der Injection von Kochsalzlösung um ein Merkliches zu mindern.

Diese Versuche sprechen also dafür, dass das Blut sehr bedeutende Aenderungen in seiner Zusammensetzung erfahren kann, ohne seine gallenbildende Fähigkeit zu verlieren.

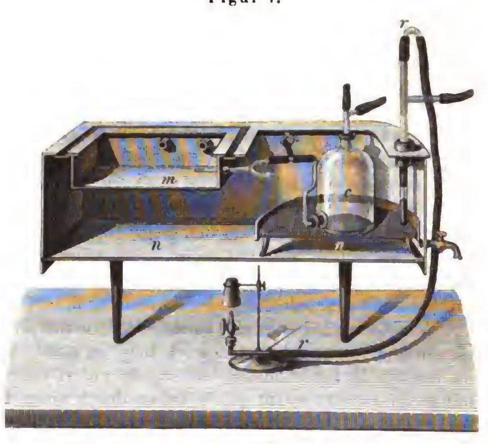
b) Nun schien es mir doch noch wesentlich, darüber ins Klare zu kommen, ob ein Kaninchen, dessen Blut gegen defibrinirtes Hundeblut ausgetauscht war, eine merkliche Menge von Galle absondern könne. Um dieses zu erfahren, reichte es aus, dem Kaninchen reichlich zur Ader zu lassen und ein dem entzogenen gleiches Volumen defibrinirten Hundeblutes einzuspritzen. Durch mehrmalige Wiederholung der Entleerung und der Ersetzung des abgenommenen durch Hundeblut würde man sicher zur Herstellung eines Thieres gelangen, welches statt seines ursprünglichen nur noch Blut von den Eigenschaften des fremdartigen besässe. Bei der Ausführung dieses Vorhabens stellte sich jedoch alsbald der Tod des Kaninchens ein, trotz aller Vorsichtsmassregeln, welche bei wiederholten Versuchen genommen wurden. Das rasche Absterben der Thiere kann ich in Folge der Section nur der Blutgerinnung zuschreiben, welche in dem Reste des Kaninchenblutes durch den Hinzutritt des defibrinirten Hundeblutes hervorgerufen wurde.

Mit dieser nach den Mittheilungen von *Alexander Schmidt* gerade nicht unerwarteten Erfahrung musste die Hoffnung auf ein günstiges Resultat für die künstliche Gallenbildung sehr schwinden, vorausgesetzt dass man sie mit defibrinirtem Hundeblute in der Kaninchenleber hervorrufen wollte. Da dieses jedoch nach den Versicherungen von *Schmulewitsch* gelungen war, so wollte ich es nicht unterlassen, die genannte Combination zu prüfen. Hierbei ging ich nun folgendermassen zu Werke. Zuerst stellte ich mir das defibrinirte Hundeblut dar, von Thieren, welche bis dahin reichlich gefüttert waren, die jedoch seit 12 Stunden vorher, als ihnen das Blut abgezogen wurde, keine Nahrung mehr empfangen hatten. Die Zeit zwischen der letzten Fütterung und der Verblutung des Thieres wählte ich desshalb so gross, um den Fettreichthum des Serums zu vermeiden, der den Hunden während und einige Stunden nach der Verdauung eigen zu sein pflegt. Das gewonnene und sorgfältig filtrirte Blut ward auf 40° C. erwärmt und darauf mit seinem Drittheile einer 0,75prozentigen Kochsalzlösung versetzt. Hierauf wurde es in die

Zuleitungsflaschen eingefüllt, die in dem gleich zu erwähnenden Apparate standen. — Unmittelbar nach der Vorbereitung des Blutes wurde ein Kaninchen mit Curare vergiftet und durch künstliche Athmung lebend erhalten. Diesem Thiere wurde nach Eröffnung der Unterleibshöhle die Gallenblase unterbunden, ein Röhrchen in den Gallengang eingesetzt und dann um den Stamm der Pfortader eine Schlinge gelegt, nachdem kleine Aestchen, die er unmittelbar vor seiner Vertheilung aus dem Pancreas empfängt, unterbunden waren. Wenn die Vorbereitung so weit gediehen war, so wurde das Kaninchen, ohne dass die künstliche Athmung unterbrochen wurde, auf den gleich zu beschreibenden Zuleitungsapparat gelegt, eine Canüle in die Pfortader eingesetzt, diese mit den Blutflaschen in Verbindung gebracht, deren schon vorher Erwähnung geschah, und der künstliche Blutstrom begonnen, während die Leber noch von ihrer Arterie aus mit Blut versorgt wurde. War auch dieses geschehen, so wurde nun so rasch als möglich die Leber ausgeschnitten, die untere Hohl-Vene unmittelbar vor ihrem Eintritt in die Leber durch einen Faden geschlossen und in dasselbe Gefäss jenseits des Zwerchfelles ein weites Glasrohr eingesetzt, um das aus der Leber hervortretende Blut auffangen zu können. Während somit der Blutstrom in der Leber entweder gar nicht, oder nur höchst vorübergehend unterbrochen war, wurde dieselbe in die für sie gebaute Abtheilung des Zuleitungsapparates zweckmässig gelegt, ein getheiltes Röhrchen mit der Canüle des Gallenganges verbunden und dann die Beobachtung weitergeführt.

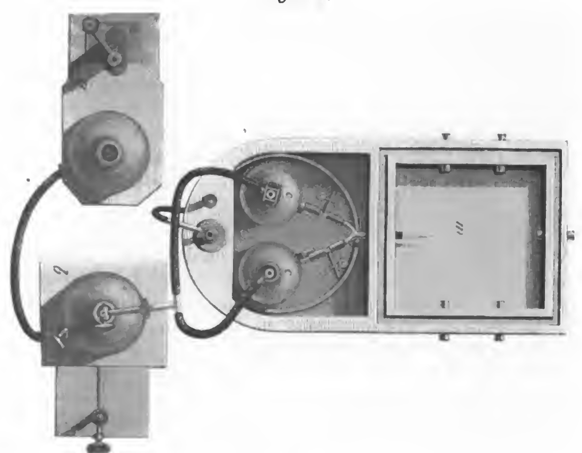
Ehe ich auf die Schilderung dieser selbst eingehe, wird es am Orte sein, den Zuleitungsapparat zu beschreiben, in welchem das defibrinirte Blut und die Leber sich befanden. Da die Anschauung des Lesers durch die beigedruckten Holzschnitte unterstützt wird, so kann ich mich bei der Schilderung des ohnehin sehr einfachen Apparates kurz fassen. Der Kasten, welcher zum Warmhalten des Blutes und der Leber (Fig. 1 im Durchschnitt) diente, war mit Wasser gefüllt, unter ihm stand eine Flamme, welche durch den Regulator Bunsen's *rr* die Temperatur des Kasteninhaltes auf 40° erhielt. In den vordern Theil des Kastens ist eine kleinere Abtheilung *m* eingelöthet, welche zur Aufnahme der Leber dient. In der hintern Abtheilung stehen auf einem Bocke *n* die Blutflaschen *c*. Die hintere Wand der Abtheilung *m*, in welcher die Leber lag, ist von einem Röhrchen durchbohrt,

Figur 1.

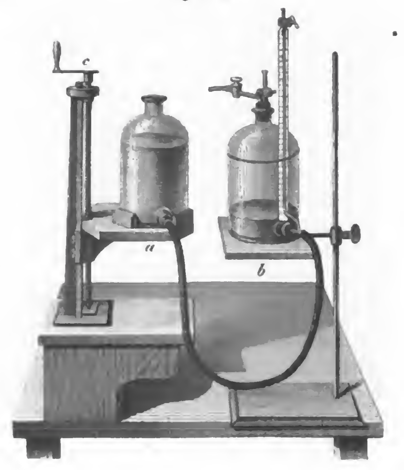


damit die aus den Flaschen *c* hervorgehende Leitungsröhre des Blutes ohne den warmen Raum zu verlassen zur Leber gelangen konnte. Das Blut, welches zur Durchleitung bereit stand, war auf zwei Flaschen vertheilt, deren Inhalt nach einander zur Verwendung kam. Diese Einrichtung gewährte den Vortheil, dass der Strom lange Zeit hindurch ununterbrochen zu unterhalten war. Wenn sich die eine der Flaschen entleert hatte, so konnte sie, während nun die andere in den Gang kam, von Neuem mit Blut gefüllt werden. Der Druck, welcher das Blut aus den Flaschen in die Leber trieb, wurde durch ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss erzeugt. Zwischen diesem und der Blutflasche war ein mit Luft gefülltes Glas eingeschaltet, so dass das Quecksilber nicht unmittelbar mit dem Blute in Berührung kam. Fig. 2, welche die ganze Einrichtung in der Vogelperspective wiedergiebt, lässt, ohne dass eine Beschreibung nothwendig wäre, den Zusammenhang der Flaschen erkennen. Um den Druck, den das Quecksilbergefäss ausübte, leicht und genau regeln zu können, stand die schwere Quecksilberflasche auf einem Brett *a*, welches an einem eisernen Schlitten befestigt war, der sich durch eine 300 Mm. lange Schraube *c* bequem heben und

Figur 2.



Figur 3.



senken liess. Die Fig. 3 soll von dieser sehr bequemen Einrichtung ein Bild geben. Selbstverständlich musste wegen des stetigen Abfliessens von Quecksilber in die Luftflaschen ein Gehülfe den Stand des Quecksilberbehälters während der ganzen Versuchsdauer regeln, damit der auf die Blutoberfläche wirkende Druck constant blieb.

Der künstliche Blutstrom, welcher auf die beschriebene Weise durch die Leber geleitet wurde, giebt noch zu einigen Bemerkungen Veranlassung. Vor der Einleitung desselben muss man dafür sorgen, dass keine Luftbläschen in den Röhren, die von der Blutflasche bis zur Pfortader hinlaufen, zurückbleibt. — Wenn einmal der künstliche Blutstrom in die Leber eingedrungen ist, so muss man dem aus der Hohlvene hervorkommenden Blute einen möglichst ungehinderten Ausgang gestatten und den in der Pfortader ankommenden Blutstrom ununterbrochen zu erhalten suchen, bis die letzten Spuren des noch vorhandenen Kaninchenblutes entfernt sind. Diese Vorsichten sind geboten, weil das Blut des Kaninchens bei der Berührung mit dem defibrinirten des Hundes alsbald zu gerinnen beginnt. Trotzdem dass ich den hier beschriebenen Handgriffen die höchste Aufmerksamkeit zugewendet habe, ist mir doch mehr als ein Versuch in Folge der raschen Gerinnung zu Grunde gegangen. — Wenn das Blut aus der Hohlvene nicht in Tropfen, sondern in einem mässigen Strahle ausfliessen soll, so muss der Druck, unter dem der Inhalt der Pfortader steht, 30—40 Mm. Quecksilber betragen. Dieser Druck ist, so weit wir wissen, allerdings höher wie derjenige des lebendigen Pfortaderblutes und dennoch liefert nach einer freilich nur wenig Genauigkeit beanspruchenden Schätzung die lebendige Leber mehr Blut in die Hohlvene, als dieses der künstliche Strom unter dem vorhin genannten Drucke thut. Die soeben besprochene Erscheinung verdient, wie mir scheint, alle Aufmerksamkeit, und ich würde ihr auf dem Wege des Experiments gern näher getreten sein, wenn dieses durch sichere Methoden gegenwärtig möglich wäre. — Eine Steigerung des Druckes über 50 Mm. hinaus habe ich sorgfältig vermieden, weil sich bei höheren Drücken sehr bald Oedeme und seröse Ausschwitzungen auf der Leberoberfläche einfinden, wodurch denn offenbar der normale Zustand der Leberzellen geändert wird. — Durch einen mit allen Vorsichten geleiteten Aderlass eines grossen Hundes erhält man selten mehr als 800—1000

Ccm. Blut Diese beschränkte Menge reicht, selbst wenn man sie noch mit ihrem Drittheile 0,75prozentiger Kochsalzlösung versetzt, nicht aus, um den Strom durch die Leber stundenlang zu erhalten. Will man dieses letztere erreichen, so muss man das durchgeflossene Blut von Neuem benützen. Aus diesem Grunde fing ich die aus der Hohlvene hervorströmende Flüssigkeit sorgfältig auf, filtrirte dieselbe durch Leinwand und gab ihr, da sie venös geworden, durch Schütteln mit Luft ihre arterielle Farbe wieder, um sie dann von Neuem in die zuleitende Blutflasche einzufüllen.

Nachdem alle Vorbereitungen beendet, die Leber in die Lage gebracht war, welche sie während der ganzen Dauer des Versuches behaupten sollte, wurde sie und ihre Umgebung sorgfältig vom Blut gereinigt und der Stand der Galle in dem graduirten Röhrchen bemerkt, das in den Gang eingebunden war. War auch dieses vollendet, so liess ich noch eine halbe Stunde verfliessen, in welcher der Blutstrom ununterbrochen erhalten wurde, bevor ich mit der Messung der jetzt noch aus dem Gallengang hervortretenden Flüssigkeit begann. Auf diese Weise glaubte ich vor dem Verdachte sicher zu sein, dass die erhaltene Flüssigkeit nichts Anderes als ein Rückstand früher gebildeter Galle wäre, welcher durch den Blutstrom, bezw. durch eine Schwellung der Leberzellen aus den Gängen hervorgepresst wäre.

Auch jenseits der ersten halben Stunde, die nach dem Beginn des künstlichen Stromes verflossen war, schritt die Absonderung weiter fort und sie stockte nicht vollständig, so lange der Strom andauerte, selbst wenn, wie dies gewöhnlich geschah, der Strom des Blutes drei Stunden hindurchgeleitet wurde. Die Menge von Flüssigkeit jedoch, welche auf diese Weise erhalten wurde, war im Verhältniss zu derjenigen, die von der lebendigen Leber in gleichen Zeiten abgesondert worden, äusserst gering, denn sie betrug im Ganzen günstigsten Falles nur 0,5 Ccm., also nur so viel, als aus der lebendigen Leber mit stark verengerter Pfortader (siehe pag. 489) in 10 Minuten gewonnen war. Erwägt man diesen Unterschied, so dürfte es auf den ersten Blick gerechtfertigt erscheinen, diese Versuche als einen Gegenbeweis für die noch stattfindende Gallenbildung anzusehen. Dieser Meinung würde ich ebenfalls beistimmen, wenn mich nicht Folgendes bedenklich machte.

Die Flüssigkeit, welche während des künstlichen Blutstromes aus dem Gallengang hervortrat, besass, soweit qualitative Prüfungen reichen, alle Eigenschaften der Galle. Namentlich gab sie ausgesprochen die Reaction von Gmelin und Pettenkofer, während sie nach den Vorschriften von Hoppe-Seyler geprüft keine Spur von Eiweis enthielt. Somit lag kein Grund vor, die Flüssigkeit für etwas Anderes als für Galle anzusprechen. Wäre nun diese schon vorgebildet in den Gängen enthalten und aus den oben angeführten Gründen ausgepresst worden, so hätte doch jedenfalls das Hervortreten ein rasches Ende nehmen oder zum mindesten alsbald langsamer werden müssen. Dieses war jedoch entschieden nicht der Fall. Denn in der Regel floss in den ersten zwei Stunden der definitiven Beobachtung, also zwei und einhalb Stunden nach dem Beginn des Blutstromes, bei unverrückt erhaltener Lage der Leber, aus dem Gallengang die Flüssigkeit mit nahezu gleichmässiger Geschwindigkeit aus, indem dieselbe für je 10 Minuten um 1,5 bis 1,6 Theilstriche des Röhrchens vorwärts rückte, ein Fortschreiten, das mit unverfänglicher Deutlichkeit zu beobachten war.

Gegen die Annahme, dass die aus dem Gallengang hervorgekommene Flüssigkeit einem Vorrathe fertiger Galle entflossen sei, sprechen auch noch Versuche, in welchen ich statt defibrinirten Blutes Rinderserum durch die Leber führte. Solcher Beobachtungen habe ich sechs angestellt. So lange sich der Druck, unter welchem das Serum in die Pfortader eindrang, auf 30 Mm. hielt, kam aus dem Gallengang Anfangs eine kleine Menge von Flüssigkeit mit den Eigenschaften der Galle hervor. In den spätern Stadien des Versuches floss entweder gar nichts oder nur eine Spur von Flüssigkeit ab, selbst wenn der Versuch mehrere Stunden hindurch fortgesetzt wurde. Wenn dagegen der Druck auf 50 Mm. gehoben wurde, so begann die Flüssigkeit zwar nicht in allen, aber doch in einzelnen Lebern, wenn auch langsam aber regelmässig zu fliessen; diese hatte jedoch nun nicht mehr die Eigenschaften der Galle; denn es liessen sich reichliche Eiweissmengen in ihr nachweisen. Von diesem eben geschilderten Verhalten machte nur eine Leber insofern eine Ausnahme, als sie schon bei 35 Mm. Druck des einströmenden Serums im Verlaufe von zwei Stunden eine merkliche Menge von Flüssigkeit durch den Gallengang ausschied. Die Untersuchung derselben habe ich leider unterlassen.

Die Resultate, welche somit unter sonst vollkommen gleichen Bedingungen die Durchleitungen des Serums und des Blutes bieten, fallen demnach wesentlich verschieden aus; hierdurch wird, wie mir scheint, dem Verdachte widersprochen, als sei die Flüssigkeit, welche beim künstlichen Blutstrom aus den Gallengängen hervorkommt, aus einem schon vorhandenen Vorrathe nur einfach in die grösseren Gänge hineingepresst worden.

Aus einem Vergleiche der Beobachtungen von Dr. *Schmulewitsch* mit den meinen geht, so weit dieses nach den mir zur Einsicht vorliegenden Aufzeichnungen desselben möglich, eine vollkommene Uebereinstimmung beider hervor; denn auch er gewann bei stundenlang andauerndem künstlichem Blutstrom keine grössere Gallenmenge als ich. Obwohl ich somit die Angaben von Dr. *Schmulewitsch* vollkommen bestätigen kann, halte ich es dennoch für gewagt, seine Meinung zu theilen, dass durch diese Beobachtungen schon der Beweis für die künstliche Gallenbildung erbracht sei. Dieser Ansicht würde ich erst dann beizutreten geneigt sein, wenn es entweder gelänge zu zeigen, dass in der Leber, die schon eine halbe Stunde lang vom künstlichen Blutstrom durchsetzt war, beträchtlich weniger als ein halbes Ccm. Galle als Rest der früheren Absonderung enthalten sei, oder, wenn man mittelst der künstlichen Durchleitungsversuche viel grössere Quantitäten von Galle als wir sie erhalten haben, darstellen könnte.

Gesetzt aber, es sei in unsern Versuchen keine neue Galle gebildet worden, so entscheiden sie noch immer nichts gegen die Möglichkeit der künstlichen Gallenbildung. Denn da das defibrinirte Blut des Hundes in demjenigen des lebenden Kaninchens eine rasche Gerinnung einleitet, so ist es zum mindesten nicht unwahrscheinlich, dass das erstere auch in den Leberzellen des Kaninchens Veränderungen hervorrufe und damit ihre absondernde Thätigkeit herabsetze oder sogar vernichte. — Gesetzt aber, es sei in unsern Versuchen Galle gebildet worden, was allerdings wahrscheinlich ist, so würde dieses zwar nicht ohne Interesse sein, aber es bliebe, weil sich die Gallenbildung an ihrer untern Grenze bewegt, die Möglichkeit ausgeschlossen, auf dem betretenen Wege die Bedingungen derselben genauer zu studiren.

Nachdem die Untersuchung bis zu diesem Punkte gediehen, wäre es am Platze gewesen, die Leber des Kaninchens mit der

des Hundes zu vertauschen, da das lebendige Blut dieses letztern durch einen beliebigen Zusatz defibrinirten Hundeblutes nicht zum Gerinnen gebracht wird. Leider reichte diessmal meine Zeit zur Ausführung einer grössern Versuchsreihe nicht mehr aus; nur noch eine Beobachtung, die ich früher am Kaninchen zu erlangen vergebens versucht hatte, war mir vergönnt. Ihre Ausführung lag mir besonders darum an, weil sie mir geeignet schien, ein Licht auf die Möglichkeit der künstlichen Gallenbildung zu werfen. Die Aufgabe des Versuches bestand darin, die Geschwindigkeit der Gallenabsonderung zu messen, bevor und nachdem das gerinnbare Blut eines lebendigen Hundes durch defibrinirtes ausgetauscht war. Dieses Vorhaben wurde folgendermassen ausgeführt.

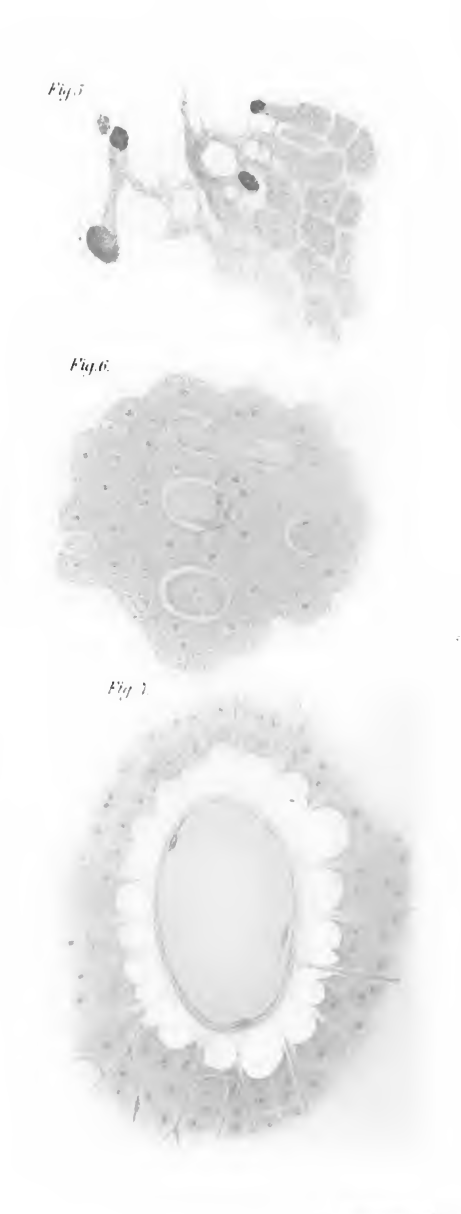
Ein Hund von 4,5 Kil. Körpergewicht wurde mehrere Tage hindurch reichlich mit Fleisch gefüttert, damit sich seine Leber in den möglichst günstigen Bedingungen für die Gallenbildung befinden sollte. Zugleich wurde ein zweiter grosser Hund reichlich mit Fleisch gefüttert. Der letztere Hund wurde aus der Carotis verblutet, das gewonnene Blut geschlagen, filtrirt und auf 38° C. warm gehalten. Unmittelbar nachdem dieses Blut gewonnen war, wurde der kleine Hund nach Anlegung einer Luftröhrenfistel mit Curare vergiftet und der künstlichen Athmung unterworfen. Darauf wurde der Gang der Gallenblase unterbunden und Röhrchen in den Gallengang, in die v. jugularis und in die art. carotis gesetzt. Als nach diesen Vorbereitungen die Gallenabsonderung beobachtet wurde, fand man sie im besten Gange. Nun wurde dem Hund eine gemessene Quantität von Blut aus der carotis entzogen und darauf eine gleich grosse defibrinirten Blutes in die v. jugularis eingespritzt, darauf etwa 10 Minuten hindurch die Gallenabsonderung beobachtet, und nun von Neuem Blut entzogen und wieder zugeführt. Das entzogene Blut wurde von seinem Faserstoff befreit, filtrirt und dem Vorrath an defibrinirtem Blute zugefügt. Auf diese Weise gelang es, die Umwechslung des Blutes so oft zu wiederholen, bis das aus den Adern des Thieres herausgenommene nicht mehr gerann. Ueber den Verlauf und Erfolg des Versuchs giebt die folgende Tabelle Aufschluss. Zu den Ueberschriften derselben ist zu bemerken, dass das Maass für die unter dem zweiten Stabe stehende Gallenmenge durch die Scalentheile eines Röhrchens von 2,5 Millimeter im Durchmesser gegeben ist.

Fortlaufende Zeit	Gallenmenge pro Minute in Millimetn. d. Röhrch.	Blut entleert	Blut zugefügt	Temperatur in ano	Bemerkungen
0 bis 19	3,0 Mm.	124 Ccm.	125 Ccm.	—	
39	2,1 »	121 »	132 »	—	
55	1,9 »	127 »	127 »	37,5° C.	
72	2,5 »	130 »	130 »	—	
89	1,7 »	130 »	130 »	37,0° C.	
98	1,8 »	128 »	130 »	—	
110	1,3 »	120 »	127 »	—	
119	0,8 »	127 »	130 »	—	Das entleerte Blut
137	0,5 »	120 »	130 »	—	gerinnt nicht mehr
185	0,5 »	117 »	130 »	33,3° C.	
206	0,5 »	90 »	130 »	33,0° C.	

In diesem Versuche sank demnach die Geschwindigkeit, mit welcher die Galle ausfloss, als sich die Menge des defibrinirten Blutes in dem Gefässsystem des Thieres mehrte, so dass sie auf einen sehr geringen Werth herabfiel, nachdem das Blut seine Gerinnbarkeit eingebüsst hatte. Der Versuch lässt es jedoch unentschieden, ob das Absinken der Gallenabsonderung eine unmittelbare Folge des Blutaustausches ist, da gleichzeitig mit diesem auch noch das Thier abkühlte und die Geschwindigkeit des Blutstromes sich minderte. Ueber die Aenderung der Temperatur verschaffen die in der Tabelle verzeichneten Angaben des Thermometers Aufschluss. Die Verlangsamung der Geschwindigkeit des Blutstroms aber ergab sich aus der Beschaffenheit des Strahls, mit welchem das abgeflossene Blut aus der art. carotis hervorschoss. Dieser ward im Verlaufe des Versuches schwächer und schwächer, so dass es immer längerer Zeiten bedurfte, um das gleiche Blutvolumen zu erhalten. Als zum zehnten und elften Male Blut entleert wurde, konnten überhaupt nicht mehr als 117 bezw. 90 Ccm. erhalten werden.

Trotz dieser Complicationen wurde jedoch noch eine sehr merkliche Menge von Galle entleert, so dass die Gallenbildung bei der Anwesenheit fibrinfreien Blutes nicht still steht. Unter diesen Umständen wird es sich immerhin lohnen, die Versuche an der möglichst frischen Hundeleber mit möglichst frischem

defibrinirtem Blute fortzusetzen. Die Ergebnisse einer solchen Versuchsreihe würden jedenfalls interessant sein, gleichgiltig wie sie auch ausfallen. Gesetzt, es träte auch jetzt die künstliche Gallenbildung nur spurweise auf, so würde man hieraus Veranlassung zum ernsten Nachdenken darüber zu nehmen haben, worin denn nun noch der Unterschied des lebendigen und des überlebenden Organes bestände.


Fig.5
Fig.6.
Fig.7.

SITZUNG AM 7. NOVEMBER 1873.

F. Zöllner, *Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke.*

1.

Kirchhoff spricht in den »Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente«[1]) seine Anschauung von der physischen Beschaffenheit der Sonne in folgenden Worten aus:

»Die wahrscheinlichste Annahme, die man machen kann, ist die, dass die Sonne aus einem festen oder tropfbar-flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur«.

»Bei der Sonnenatmosphäre sind es Schichten, die in gewisser Höhe über der Oberfläche des Kernes sich befinden, die das Meiste zur Bildung der dunklen Linien des Spectrums beitragen; die untersten Schichten nämlich, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen«.

Diese Sätze, welche allen meinen bisherigen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Sonne zu Grunde liegen, sollen auch den Ausgangspunct der folgenden Entwickelungen bilden.

Die nächste wahrscheinliche Folgerung, welche sich aus jenen *Kirchhoff*'schen Sätzen ergiebt, besteht darin, dass die

1) Abhandlungen der Königl. Akademie d. W. zu Berlin 1861 p. 83.

über der glühendflüssigen Oberfläche befindliche Atmosphäre in ihren unteren Schichten im Allgemeinen mit einer Nebel- und Wolkendecke erfüllt ist, welche in einer gewissen Höhe über dem glühendflüssigen Meere schwebt.

In der That gewährt die leuchtende Sonnenoberfläche in starken Fernröhren und unter günstigen Luftverhältnissen den Anblick eines Aggregates cumulusartiger Gebilde von leuchtenden Wolken [1]).

Die Erkennbarkeit dieser Wolken ist bedingt durch ihren Helligkeitsunterschied von denjenigen Stellen, welche, von Wolken befreit, uns den Anblick tieferer Schichten oder des glühendflüssigen Kernes gestatten. Jener Helligkeitsunterschied aber, von welchem die Sichtbarkeit der glühenden Wolkengebilde abhängt, ist offenbar an dieselbe Bedingung geknüpft, welche *Kirchhoff* oben für die glühenden Gasschichten der Sonnenatmosphäre überhaupt ausspricht. Demgemäss lässt sich folgender, für das Verständniss der Vorgänge an der Sonnenoberfläche wichtige Satz allgemein aufstellen:

Wolken in der Sonnenatmosphäre, »die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eignes Glühen nahe ersetzen«.

Aus diesem Satze ergiebt sich:

Erstens, dass die Wolken in den tieferen Schichten der Sonnenatmosphäre sehr schwer wahrnehmbare Gebilde sein müssen, da die Wahrnehmbarkeit eines Gegenstandes nur

---

1) »En effet, nous avons dit que la matière lumineuse du Soleil est analogue aux brouillards ou aux nuages; dès lors, il est bien naturel d'admettre que les grains sont les sommets des mamelons arrondis terminant ces masses vaporeuses qui flottent comme nos *cumuli*, dans l'atmosphère solaire. Rien n'est plus commun, même sur la Terre, que de voir, du sommet d'une montagne, des brouillards et des nuages produire un effet semblable; les dimensions énormes de ces corps solaires, présentant une étendue de plusieurs centaines de kilomètres, ne peuvent que rendre cette explication plus plausible«. *P. Secchi*, Le Soleil p. 37.

durch Helligkeitsdifferenzen zwischen ihm und seiner Umgebung ermöglicht wird;

Zweitens, dass die Annahme wolkenartiger Verdichtungsproducte und der Nachweis ihrer Entstehung zur Erklärung der Sonnenflecke und ihrer geringeren Helligkeit allein nicht ausreichend ist; es muss gleichzeitig eine Ursache nachgewiesen werden, durch welche das betreffende Wolkengebilde dergestalt eine dauernde Temperaturerniedrigung erleidet, dass sich dasselbe durch Verminderung des Emissionsvermögens für Licht und Wärme wochen- und monatelang als dunkler Fleck von seiner Umgebung unterscheidet.

2.

Im Allgemeinen sind nur zwei Ursachen denkbar, durch welche ein glühender Körper eine Temperaturerniedrigung erleiden kann, nämlich:

1. durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper,
2. durch Ausstrahlung.

Da in der Sonnenatmosphäre die äusseren Schichten die kühleren, die tieferen die heisseren sind, so wäre die erste Art einer localen Abkühlung der leuchtenden Wolkendecke nur dadurch möglich, dass an der betreffenden Stelle durch einen absteigenden Luftstrom, kühlere Gasmassen aus höheren Schichten mit den heisseren Wolken in tieferen Schichten in Berührung kämen.

Indessen selbst die Annahme eines solchen permanenten, absteigenden Luftstromes — ganz abgesehen von der Frage nach seiner Ursache — würde, wie mir scheint, allein nicht ausreichend sein, die fragliche Temperaturerniedrigung und dadurch eine hinreichende Verminderung der Lichtemission an der betreffenden Stelle zu erklären. Denn durch jene kühleren und höheren Schichten der Sonnenatmosphäre blicken wir, da sie durchsichtig sind, auf die heissere und tiefere Wolkenschicht. Soll also die Temperatur der letzteren durch Berührung mit den ersteren erniedrigt werden, so kann dies doch nur wieder auf Kosten einer entsprechenden Temperaturerhöhung der herabströmenden kälteren Gastheile geschehen, die ohnedies durch

Compression beim Herabsteigen in dichtere Schichten eine Temperaturerhöhung erleiden müssten. Hierdurch würde aber die Lichtemission der herabgeströmten Gastheile wieder erhöht, wodurch jedenfalls ein Theil des Lichtverlustes, den sie durch Abkühlung an der tiefer gelegenen Wolkenschicht erzeugen, wieder durch Zunahme ihrer eigenen Lichtentwickelung ersetzt wird. Es dürfte daher auch für diese, in tiefere Schichten herabsteigenden Luftmassen *mutatis mutandis* dasselbe gelten, was oben in den *Kirchhoff*'schen Sätzen für die unteren Schichten der Sonnenatmosphäre allgemein ausgesprochen wurde: sie verändern das Licht nur wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Abkühlung herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich der folgende Satz:

Zur Erklärung einer localen Abkühlung von längerer Dauer an der Sonnenoberfläche muss die Temperaturerniedrigung durch Leitung bei Berührung mit einem kälteren Körper ausgeschlossen werden[1]).

---

1) Es ist selbstverständlich, dass eine locale Abkühlung in der leuchtenden Wolkendecke der Sonne noch weniger durch einen aufsteigenden und daher heisseren Luftstrom erzeugt werden kann. Stellen, an denen solche aufsteigenden Ströme mit besonderer Heftigkeit stattfinden, werden vielmehr durch die höhere Temperatur der dabei gebildeten wolkenartigen Verdichtungsproducte als helle, etwas über dem allgemeinen Niveau der Sonnenoberfläche erhöhte Stellen erscheinen, wie die sogenannten Fackeln, nicht aber als dunkle, vertiefte Stellen, wie die Flecken. Bereits *Liais* bemerkt in einer schönen und sorgfältigen Arbeit vom Jahre 1867: *»Par conséquent dans les points où la photosphère s'élève au-dessus de son niveau général, on devra voir des facules«.* (Mém. de Cherbourg 1867. p. 334.)

Ich würde es für überflüssig gehalten haben, diese einfachen Folgerungen besonders hervorzuheben, wenn nicht neuerdings Herr Professor *Reye* versucht hätte, die Sonnenflecke durch aufsteigende Ströme »an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche« als »wolkenartige Verdichtungsproducte in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre, welche sich ähnlich wie die grossen Wolkenschichten der irdischen Cyclonen von unten her erneuern« zu erklären. (Vergl. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der

Denn gesetzt, man leugnete die Richtigkeit dieses Satzes, und wollte die in der That über den Sonnenflecken beobachteten absteigenden Ströme (down-rush) als Ursache der localen Temperaturerniedrigung betrachten, so wäre man doch wiederum gezwungen, eine bestimmte Ursache anzugeben, durch welche gerade an dieser Stelle wochen- und monatelang absteigende Ströme erzeugt werden.

Verzichtet man hierbei auf die Annahme unbekannter extrasolarer Ursachen, so bleibt nur die Annahme einer Temperaturerniedrigung in den tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke gelegenen Schichten der Sonnenatmosphäre übrig. Denn eine solche locale Erniedrigung der Temperatur ist allein im Stande nach uns bekannten Analogien in der irdischen Atmosphäre dauernd absteigende Ströme zu erzeugen.

Da jedoch diese Temperaturerniedrigung auf der Sonne nicht durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden kann, so bleibt nur die Annahme einer intensiveren Ausstrahlung von Wärme als Ursache jener localen Abkühlung übrig. Die Aufgabe der weiteren Erklärung kann also nur darin bestehen, die Ursachen nachzuweisen:

Erstens, durch welche in den unterhalb des Niveau's der leuchtenden Wolkenschicht gelegenen Theilen der Sonne an einer bestimmten Stelle eine stärkere Wärmeausstrahlung stattfinden kann als an andern Stellen;

Zweitens, durch welche die so erzeugte Temperaturerniedrigung und folglich alle durch sie bedingten Erscheinungen (Dunkelheit, absteigende Ströme) längere Zeit hindurch localisirt bleiben können.

3.

Die Beantwortung der ersten Frage habe ich bereits vor drei Jahren in meiner Abhandlung »Ueber die Periodicität und helio-

---

Sonnen-Atmosphäre dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. Th. *Reye*, ordentl. Professor an der Universität Strassburg. Hannover 1872. p. 178.)

graphische Verbreitung der Sonnenflecke[1]) durch folgende auf die Sonnenatmosphäre bezüglichen Erläuterungen zu geben versucht.

»Die Beschaffenheit dieser Atmosphäre muss die Intensität der Wärmeausstrahlung der von ihr eingehüllten Sonnenoberfläche in ähnlicher Weise beeinflussen, wie die Beschaffenheit der irdischen Atmosphäre die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Atmosphäre unserer Erde ruhig und wolkenfrei, so ist die durch nächtliche Ausstrahlung erzeugte Temperaturerniedrigung am stärksten, und als Resultate dieser Ausstrahlung bilden sich je nach der Temperatur Thau oder Reif. — In analoger Weise muss die Temperaturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche durch Ausstrahlung an denjenigen Stellen am bedeutendsten sein, wo die darüber befindliche Atmosphäre möglichst ruhig und klar ist. An solchen Stellen wird sich die eingetretene Temperaturerniedrigung bei hinreichender Grösse auch durch eine Verminderung der Leuchtkraft bemerkbar machen und hierdurch einem entfernten Beobachter die Erscheinung eines dunklen Fleckes darbieten müssen«.

Wenn aber die leuchtende Wolkendecke der Sonne in Folge der angegebenen Bedingungen an einzelnen Stellen sich lichtet und uns so den Blick auf die tiefer gelegenen Schichten der Atmosphäre oder auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes gestattet, so darf man nicht erwarten, dass dieses Phänomen sich unmittelbar auch optisch für unsere Wahrnehmung in auffallender Weise bemerklich machen wird, etwa wie die Aufhellung der Wolkendecke eines von der Sonne beleuchteten Planeten. Denn »Wolken in der Sonnenatmosphäre, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen«.

Mit Berücksichtigung der Lichtabsorption in der Sonnen-

---

1) Berichte der K. S. Ges. d. W. 12. Dec. 1870 p. 339.

atmosphäre selber und des Einflusses, den die verschiedene Tiefe der darin befindlichen leuchtenden Objecte unter sonst gleichen Umständen auf ihre Helligkeit äussern muss, ist es sogar nicht einmal möglich a priori den Sinn der Helligkeitsänderung zu bestimmen, welcher bei einer solchen Aufhellung in der Sonnenatmosphäre eintritt. Denn die grössere Helligkeit der tiefer gelegenen und deshalb heisseren Objecte könnte durch jene Absorption compensirt oder sogar vermindert werden. Indessen scheinen öfter hellere Stellen (Fackeln) an denjenigen Orten der Sonnenoberfläche beobachtet zu werden, wo einige Tage später die Entwickelung eines Fleckes stattfindet[1]).

Es handelt sich jetzt um die Discussion der zweiten Frage: durch welche Umstände können Temperaturunterschiede, die durch Ausstrahlung an der Oberfläche eines Körpers entstanden sind, möglichst lange Zeit localisirt bleiben?

Um unsere Betrachtungen an bestimmte Vorstellungen zu knüpfen, denken wir uns drei heisse Körper in Form von Kugeln, die sich bis auf ihren Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) durch Nichts von einander unterscheiden. Einer jeden dieser Kugeln sei an einer gleich grossen Stelle dieselbe Wärmequantität entzogen und hierdurch bei allen eine gleiche, locale Temperaturerniedrigung erzeugt. Welche Kugel wird zur Ausgleichung der entstandenen Temperaturdifferenz an ihrer Oberfläche die längste Zeit erfordern? Offenbar die feste, denn bei ihr kann die Ausgleichung nur durch Leitung der Wärme geschehen, während

---

1) *Secchi*, Le Soleil p. 38. Wenn man mit dem Namen »Fackeln« allgemein nur hellere Stellen auf der Sonnenoberfläche bezeichnet, so könnte man vielleicht, falls obige Annahme richtig ist, bezüglich der Ursache ihrer Entstehung zwei Arten von Fackeln unterscheiden:

1. solche, welche, wie die oben erwähnten, durch Aufhellung der leuchtenden Wolkendecke entstehen. Dieselben würden am Rande der Sonne verschwinden und nur in den centralen Theilen der Sonnenscheibe sichtbar sein;
2. solche, welche wie die um den äusseren Rand der Penumbra befindlichen durch aufsteigende heissere Luftströme erzeugt werden. Diese Fackeln treten am Rande deutlicher hervor, wie dies schon *Liais* in seiner oben erwähnten Arbeit durch die Absorption der äusseren, kuhleren Schichten der Sonnenatmosphäre erklärt hat.

bei den beiden andern Kugeln diese Ausgleichung auch noch durch die Bewegungen der verschieden erwärmten Körpertheile beschleunigt wird, und zwar um so mehr, je grösser unter übrigens gleichen Umständen die Beweglichkeit des Stoffes ist. Es wird also auch an der Oberfläche der flüssigen Kugel eine entstandene Temperaturdifferenz länger verharren müssen, als an der Oberfläche der gasförmigen.

Man kann also allgemein den folgenden Satz aussprechen:

> Eine locale Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines Körpers erfordert eine um so längere Zeit zu ihrer Ausgleichung, je weniger beweglich unter übrigens gleichen Umständen die Theile des Körpers sind. Folglich muss der feste Aggregatzustand eines Körpers am besten geeignet sein, einen, durch irgend welche Umstände entstandenen, Wärmeverlust an seiner Oberfläche längere Zeit zu fixiren.

Da nun die Sonnenflecke Stellen localer Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines glühenden Körpers sind, die sich zuweilen mehrere Monate hindurch erhalten können, so ist die Annahme eines festen Aggregatzustandes der Kerne der Flecken die *wahrscheinlichste* Annahme, welche zur Erklärung ihrer längeren Dauer gemacht werden kann. Demgemäss treffen die Einwendungen, welche man im Hinblick auf die hohe Temperatur der Sonne gegen das längere Bestehen schlackenartiger Abkühlungsproducte erhoben hat, in noch viel höherem Maasse die wolkenförmigen Verdichtungsproducte.

Gleichzeitig folgt aber auch aus den Bewegungen der Flecke, sowohl in Länge als Breite, dass die Oberfläche, auf welcher jene Schlacken schwimmen, eine flüssige sein muss.

4.

Fasst man die wesentlichen Momente der für den *festen* Aggregatzustand der Sonnenflecke gegebenen Deduction kurz zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

Die geringere Helligkeit der Sonnenflecken kann nur die Folge einer localen Temperaturerniedrigung sein. Diese kann

nicht durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden; noch weniger durch aufsteigende Ströme aus tieferen und deshalb heisseren Schichten [1]; sie muss deshalb durch Ausstrahlung an solchen Stellen entstanden sein, wo die hierzu günstigen Bedingungen der Atmosphäre realisirt waren. Zur längeren Localisirung des hierdurch entstandenen Wärmeverlustes ist der feste Aggregatzustand der günstigste, weil bei diesem die Ausgleichung der Temperaturerniedrigung nur durch Leitung möglich ist, und nicht wie bei Körpern im flüssigen oder gasförmigen Zustande noch durch Gleichgewichtsstörungen beschleunigt wird.

Demgemäss ist meine Vorstellung von der physischen Beschaffenheit der Sonne, entsprechend den bisher von mir vertretenen Anschauungen, kurz folgende:

> Die Sonne ist ein glühendflüssiger Körper, umgeben von einer glühenden Atmosphäre; in der letzteren schwebt eine fortdauernd sich erneuernde Decke von leuchtenden, cumulusartigen Wolkengebilden in einem gewissen Abstande über der flüssigen Oberfläche. An solchen Stellen, wo die Wolkendecke sich vermindert oder auflöst, entstehen durch kräftige Ausstrahlung auf der glühendflüssigen Oberfläche schlackenartige Abkühlungsproducte. Dieselben liegen folglich tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke und bilden die Kerne der Sonnenflecke. Ueber diesen abgekühlten Stellen entstehen absteigende Luftströme (down-rush), welche um die Küsten der Schlackeninseln eine Circulation der Atmosphäre einleiten, der die Penumbren ihren Ursprung verdanken. Die innerhalb dieses Circulationsgebietes gebil-

---

[1] Die beim Aufsteigen einer erhitzten Luftmasse durch ihre Ausdehnung eintretende Abkühlung bezieht sich selbstverständlich auf diejenige Temperatur, welche die Luftmasse selber in tieferen Schichten besass, nicht auf die Temperatur derjenigen höheren Schicht, in welcher sie zur Ruhe kommt. Denn unter die Temperatur dieser Schicht kann diejenige der emporgestiegenen Masse nicht sinken. Da nun die Kerne der Flecken tiefer als das Niveau der leuchtenden Wolkendecke liegen, so müssten sie als Wolken eines aufsteigenden Stromes eine höhere Temperatur als letztere besitzen und daher hellere, nicht dunklere Stellen der Sonnenoberfläche sein.

deten wolkenartigen Abkühlungsproducte werden hinsichtlich ihrer Gestalt und Temperatur durch die Natur der strömenden Bewegung bestimmt. Sie müssen uns daher in Folge ihrer Temperaturerniedrigung weniger leuchtend als die übrige Wolkendecke der Sonnenoberfläche und trichterartig vertieft durch ihre absteigenden Bewegungen über dem Fleck erscheinen [1]).

5.

Obschon diese Darstellung und Begründung meiner Anschauungen von der physischen Beschaffenheit der Sonne für

---

1) Der äussere Rand der Penumbra liegt folglich im Niveau der leuchtenden Wolkendecke, durch welche im Allgemeinen die Grenzen der Sonnenscheibe für unsere Wahrnehmung bestimmt ist. Diese Bemerkung wird ausreichen, um einen Einwand zu beseitigen, welchen kürzlich Herr *Faye* als Consequenz meiner Anschauung von der Penumbra ausgesprochen hat. Herr *Faye* bemerkt nämlich gelegentlich einer Reproduction meiner Theorie, man müsste zufolge derselben beim Verschwinden eines Fleckes am Sonnenrande jenes trichterförmig vertiefte Wolkengebilde frei schwebend auf der Chromosphäre projicirt erblicken. (*... quand la tache arrive au bord, ce tore, ce bourrelet ou cette espèce dentonnoir devra se dessiner en saillie sur la chromosphère ... mais je ne le vois pas: s'il existait, on l'aurait vu cent fois, on l'aurait dessiné.* Vergl. Comptes rendus 25. Août 1873. p. 503.) Es konnte diese Folgerung des Herrn *Faye* nur aus einer irrthümlichen Auffassung meiner Theorie entspringen; ich habe niemals behauptet, dass wir direct auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes der Sonne blicken, sondern stets besonders darauf aufmerksam gemacht, dass dieselbe mit Dämpfen, Nebeln und Wolken bedeckt ist, auf welche zunächst unsere Blicke treffen.

Es scheint, als ob man diesen Umstand bei der Beurtheilung meiner Schlackentheorie und den gegen dieselbe erhobenen Einwendungen gänzlich übersehen hat. Ich könnte mir sonst wenigstens nicht erklären, wie man den so deutlich ausgesprochenen wolkenartigen Charakter der Penumbra und den schnellen Wechsel ihrer inneren und äusseren Contouren als Argument gegen die schlackenartige Natur des Kernfleckes hat anführen können. Selbst die Oberfläche jener Schlackenmassen wird mit nebel- und wolkenartigen Condensationsproducten bedeckt sein müssen, wie ich dies in meiner letzten Abhandlung (diese Ber. 21. Febr. 1873) ausdrücklich durch folgende Bemerkung zu erläutern versuchte: »Bei der dampfreichen Atmosphäre der Sonne und der immer noch sehr hohen Temperatur abgekühlter Schlacken wird man es als unzweifelhaft betrachten dürfen, dass unsere Blicke nicht direct auf die feste Masse des Kernfleckes, sondern auf die über demselben condensirten Dämpfe fallen«.

vorurtheilsfreie Leser ausreichend sein dürfte, die wesentlichsten Einwendungen zu beseitigen, welche derselben bisher von ihren Gegnern gemacht worden sind, so halte ich es dennoch den letzteren gegenüber nicht für überflüssig, am Schlusse dieser Arbeit noch etwas specieller auf jene Einwendungen einzugehen.

Soweit mir bekannt, sind es besonders zwei Argumente, die der Annahme schlackenartiger Abkühlungsproducte für die Sonnenflecke entgegengestellt wurden:

Erstens die schnelle Veränderlichkeit ihrer Grenzen und die vielfach daran beobachteten wolkenartigen Neubildungen;

Zweitens die hohe Temperatur und Wärmestrahlung der Sonne, welche solche Schlackenmassen schnell wieder schmelzen und auflösen müsste, wenn auch nur ein geringer Theil der ausgestrahlten Wärme von ihnen absorbirt würde.

Zur Widerlegung des ersten Einwandes genügt es, sich zu vergegenwärtigen, wie gerade durch die von mir vertretenen Anschauungen von der Entstehung der Penumbra ein grosser Reichthum solcher Bewegungen und Wolkenbildungen erzeugt werden muss, wie sie den erwähnten Beobachtungen entspricht. Wenn man daher meiner Theorie nicht fälschlich die Folgerung unterschiebt, man müsste direct auf die glühendflüssige Oberfläche des Sonnenkörpers blicken und dort die Schlacken, ähnlich denjenigen auf der glühendflüssigen Masse eines Schmelzofens herumschwimmen sehen, so verliert der erste Einwand jede Berechtigung.

Die Nothwendigkeit einer hell leuchtenden Wolkendecke, welche die glühendflüssige Sonnenoberfläche allseitig umhüllt, habe ich übrigens bei jeder sich darbietenden Gelegenheit in meinen Arbeiten hervorgehoben. Denn meine ganze Theorie der Periodicität und heliographischen Verbreitung der Sonnenflecke hat jene Wolkendecke zu einer ihrer wesentlichen Voraussetzungen, und ich habe in der betreffenden Abhandlung vor drei Jahren über die Temperatur und Sichtbarkeit dieser Wolken Folgendes bemerkt: [1])

---

1) Vergl. diese Berichte, 12. Dec. 1870, p. 349.

»Diese Wolken brauchen indessen durchaus nicht eine so niedrige Temperatur zu besitzen, dass sie uns als dunkle Stellen erscheinen, vielmehr können sie mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne nur aus Stoffen in glühendem Zustande bestehen, so dass sich derartige Condensationserscheinungen auf der leuchtenden Sonnenscheibe nur wenig oder gar nicht bemerklich machen werden«.

Es folgt hieraus, sowie namentlich aus den oben mehrfach wiederholten Sätzen *Kirchhoff's*, dass weder die Auflösung noch die Bildung wolkenartiger Trübungen in der Sonnenatmosphäre optisch leicht wahrnehmbare Erscheinungen sein können, etwa ähnlich den Trübungen in unserer Atmosphäre oder in derjenigen eines mit reflectirtem Lichte leuchtenden Planeten.

Mit Berücksichtigung dieses Umstandes hielt ich mich für berechtigt, die Ursache der geringeren Häufigkeit der Sonnenflecke in der Polar- und Aequatorialzone durch die hier, in Folge der allgemeinen Circulation der Sonnenatmosphäre, vorwiegend vorhandenen atmosphärischen Trübungen zu erklären, indem durch diese der Sonnenatmosphäre gerade diejenigen Bedingungen geraubt werden, welche allein eine kräftige Temperaturerniedrigung tiefer gelegener Stellen durch Ausstrahlung ermöglichen.

Ich drückte dieses Argument a. a. O. mit folgenden Worten aus:

»Wir haben folglich in der Aequatorialzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der glühend-flüssigen Oberfläche müssen demgemäss an diesen Stellen im Durchschnitt günstiger als an anderen sein und folglich auch die Entwickelung der Sonnenflecken, als Resultate dieser Ausstrahlung, hier begünstigen«.

Ich glaube, dass es bei gehöriger Berücksichtigung dieser Verhältnisse keiner weiteren Erörterungen bedarf, um Einwendungen wie die folgenden zu widerlegen:

»Wären die Flecke schlackenartige Abkühlungsproducte, die wie Schollen auf einer flüssigen Oberfläche schwimmen, so müssten sie nach unserer Meinung gerade an den kälteren Sonnenpolen am häufigsten sich zeigen« [1].

oder:

»*Si elles étaient de simples scories dues au refroidissement, ce ne serait pas sans doute dans les régions les plus chaudes, qu'on les verrait se former; or c'est, au contraire, dans les zones voisines de l'équateur, qu'elles apparaissent et jamais aux pôles*« [2].

Unsere Kenntniss von der verschiedenen Wärmestrahlung der Polar- und Aequatorialgegenden der Sonne beruht auf Beobachtungen *P. Secchi's* mit Hülfe einer Thermosäule [3]. Der hierbei beobachtete Unterschied der Wärmestrahlung beider Regionen betrug etwa $\frac{1}{16}$. Diesem Unterschiede der Ausstrahlung muss jedoch ein viel geringerer Unterschied der Temperaturen entsprechen, wie ich dies in meiner letzten Abhandlung [4] theils durch Beobachtungen, theils durch Erörterungen über die *Kirchhoff*'sche Function zu begründen versuchte. Es verliert also durch diesen Umstand der obige Einwand noch mehr an Bedeutung, indem der Temperaturunterschied zwischen den Polen und dem Aequator, zufolge dessen »an den kälteren Sonnenpolen« sich die Schlacken am häufigsten zeigen sollten, bis zu einer uns vorläufig noch unbekannten Grösse herabgesetzt wird.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass auch an der Erdoberfläche durch Ausstrahlung der Wärme in ruhigen und wolkenlosen Nächten die grössten Temperatur-Differenzen in kürzester Zeit hervorgerufen werden können.

»Am auffälligsten tritt die nächtliche Wirkung der Wärmestrahlung des Bodens im Gebiet des quer durch die Alte Welt streichenden, die Wüsten umfassenden Gürtels auf.... Selbst

1) *Reye*, Wirbelstürme, p. 183.
2) *Faye*, Comptes rendus 25. Août. 1873.
3) *Secchi*, Le soleil, p. 133.
4) Diese Berichte. Sitzung am 21. Febr. 1873.

in der eigentlichen afrikanischen Wüste sinkt die Temperatur des Nachts so anhaltend und tief unter den Gefrierpunct, dass das Wasser in den Schläuchen gefriert, während sich am Mittag die Hitze bis über 40° C. erhebt«[1]).

»Das Schliessen der Eisdecke über Flüsse hängt vorzüglich von dem Wärmeverlust ab, den die Oberfläche durch kräftige nächtliche Ausstrahlung erleidet.

Dafür bringt *Arago*[2]) folgende Belege bei.

»Im December 1762 war die Seine gänzlich zugefroren in Folge eines sechstägigen Frostes, bei dem die Temperatur im Mittel — 3.9 Grad Celsius war und im Maximo nicht — 9.7 Grad überstieg. Dagegen floss im Jahre 1748 der Strom noch, nachdem 8 Tage lang eine mittlere Temperatur von — 4.5 Grad geherrscht und die Kälte sogar ein Maximum von — 12 Grad erreicht hatte. Die Wasserhöhe, von der die Stromgeschwindigkeit bedingt wird, war zu beiden Zeiten gleich. Allein 1762 war der Himmel vor dem gänzlichen Zufrieren völlig heiter, während er 1748 entweder bewölkt oder ganz bedeckt war. — Im Jahre 1773 am 6. Febr. ging die Seine mit Eis nach fünftägigem Frost, der im Mittel — 6 Grad betragen hatte und im Maximo bis — 10.6 Grad gestiegen war. — Im Jahre 1776 erschien das Treibeis erst am 19. Jan., obgleich es schon seit dem 9. fror und vom 15. bis zum 19. Jan. die Temperatur im Mittel — 8.3 Grad gewesen und im Maximo auf — 13.1 Grad gesunken war. Der Wasserstand erklärt diese Erscheinung nicht; denn er betrug 1776 4.5 Fuss, 1773 dagegen 8 Fuss. Allein vom 3. bis 6. Februar 1773 war der Himmel völlig heiter, während er sich vom 9. bis 19. Jan. 1776 nur auf wenige Augenblicke aufklärte. — Eine der stärksten Kälten, welche man zu Paris seit dem Gebrauche des Thermometers beobachtet hat, ist die vom Jahre 1709; aber gerade in diesem Jahre blieb die Seine bei Temperaturen von — 23° C. in der Mitte beständig offen«[3]).

---

1) *A. v. Humboldt*, Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper. *Poggendorff's* Annalen, Bd. 11, p. 7.

2) Annuaire pour l'an 1828 u. *Pogg.* Ann. Bd. 14, p. 393.

3) *Schmid*, Meteorologie, p. 137 u. 187.

Diese Thatsachen werden zur Genüge beweisen, dass auch an der Erdoberfläche die Ausstrahlung der Wärme bei der localen Temperaturerniedrigung einer Wasseroberfläche die wirksamste Ursache ist, und dass selbst die Eisbildung unter übrigens gleichen Umständen bei beträchtlich höherer Lufttemperatur und günstigen Bedingungen zur Ausstrahlung eintreten kann, als bei Verhinderung der letzteren durch eine Wolkendecke.

6.

Ich gehe jetzt zur Discussion des zweiten Einwandes gegen die Schlackentheorie der Sonnenflecken über, nämlich zu Widerlegung der Behauptung, es könnten jene Schlacken bei der hohen Temperatur der Sonne nicht längere Zeit auf der glühendflüssigen Oberfläche, ohne zu schmelzen, verharren.

Herr Prof. *Reye* hat in seinem Buche über Wirbelstürme p. 177 jener Behauptung in folgenden Worten Ausdruck verliehen:

»Die von der Sonne ausgestrahlte Wärmemenge ist, *Pouillet's* Messungen zufolge, so ungeheuer gross, dass sie hinreichen würde, um an der Sonnenoberfläche in jeder Minute eine Eisschicht von 10 bis 11 Meter Dicke zu schmelzen. Wenn nun von den Flecken auch nur der fünfte Theil dieser Wärmemenge absorbirt wird, wie ist es alsdann denkbar, dass dieselben wochen-, ja monatelang sich als Schlacken oder Wolken erhalten, ohne zu schmelzen oder sich zu verflüchtigen? Das in einem Monate absorbirte Fünftel wäre ja im Stande, eine Eisschicht von etwa 90000 Meter oder 12 geogr. Meilen Dicke zu schmelzen!«

In ganz ähnlicher Weise spricht sich Herr *Faye* in den Comptes rendus vom 25. August 1873 p. 505 aus, indem er bemerkt:

»*Si M. Zoellner a repris en sous-oeuvre cette idée* (*c. a. d. des scories*), *c'est qu'il a cru y trouver une explication simple et rationnelle du noir des taches, laquelle manque aux éruptions privées du noyau obscur; mais il n'y parvient qu'en attribuant tacitement aux dites nappes de scories la propriété de résister à*

la chaleur solaire pendant des semaines et des mois. Or celle-ci, n'eut-elle que sa seule radiation, suffirait pour fondre une enveloppe de fer forgé à raison d'un kilomètre d'épaisseur par jour. Que serait-ce si l'on tenait compte de la chaleur communiqués par contact? Cette enveloppe disparaîtrait sans doute en quelques instants. Evidemment ceux qui ont mis les premiers cette notion de scories en avant ne se faisaient pas la moindre idée de la puissance d'un pareil foyer«.

Diese Argumente könnten im Hinblick auf die früher angestellten Betrachtungen durch die einfache Bemerkung entkräftet werden, dass sie offenbar mit noch viel grösserer Berechtigung gegen eine wolkenartige als schlackenartige Natur der Sonnenflecke anwendbar sind, wenn nicht eine permanente Ursache zur fortdauernden Erzeugung jener Wolken angenommen wird. Es wurde aber bereits oben gezeigt, dass eine solche Ursache nur in einer relativ starken Temperaturerniedrigung der unteren Schichten der Sonnenatmosphäre gesucht werden muss. Will man daher nicht, allen physikalischen Gesetzen zum Trotz, eine solche Abkühlung »in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre«, »an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche« dadurch entstehen lassen, dass »die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden«[1],

[1]) *Reye*, Wirbelstürme, p. 178 u. 179. Herr Professor *Reye* schildert seine Vorstellung von der Ursache und Entstehung eines Sonnenfleckens wörtlich folgendermaassen (l. c. p. 179):

»An einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche, die gleich den Fackeln heller erscheinen wird als ihre Umgebung, mögen also die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden. Sie dehnen sich dabei aus und erkalten, nachdem sie vielleicht 100 oder 200 geographische Meilen gestiegen sind, so stark, dass die Metalldämpfe sich theilweise verdichten; ihre frei werdende latente Wärme vergrössert zugleich den Auftrieb der übrigen Dampf- und Gasmassen. Eine Wolke bildet sich als dunkler Fleck über der hellen Stelle, rasch wachsend von dem nachströmenden Dampfe . . .«

Das Aufsteigen von Metalldämpfen und eine hierbei eintretende Verdichtung zu Wolken findet an allen Stellen der Sonnenoberfläche statt; die mittlere Höhe der hierdurch gebildeten, leuchtenden Wolkendecke ist das

so bleibt als günstigste und deshalb wahrscheinlichste Annahme nur die Bildung schlackenartiger Abkühlungsproducte übrig, welche dann gleichzeitig die über den Sonnenflecken beobachteten absteigenden Ströme (down-rush) nothwendig zur Folge haben.

Indessen ganz abgesehen von diesen Bemerkungen, liegt den obigen Argumentationen gegen den festen Aggregatzustand der Sonnenflecke eine stillschweigend gemachte Voraussetzung zu Grunde, welche auf einem Irrthum beruht, nämlich auf einer Verwechselung der Zeit als Maass der Wärmestrahlung, mit derjenigen Zeit, welche zur Verwandlung der ausgestrahlten Wärmemenge in eine ihr äquivalente Arbeit erfordert wird.

Wenn man das Maass der Wärmeeinheit durch die Grösse einer ihr äquivalenten molecularen Arbeit definirt — mag dieselbe im Schmelzen oder in einer bestimmten Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines gegebenen Stoffes bestehen — so ist man natürlich im Stande, theoretisch jede beliebige in der Zeiteinheit producirte Wärmequantität durch jene Arbeit auszudrücken. Empirisch berechtigt jedoch Nichts zu der Annahme, dass die Zeit, innerhalb welcher eine bestimmte Wärmemenge producirt wird, dieselbe sein muss, welche zur Verwandlung dieser producirten Wärme in eine ihr äquivalente Arbeit erforderlich ist. Diese Zeit hängt vielmehr theils von der Beschaffenheit der zu leistenden Arbeit, theils von den besonderen Eigenschaften und Anordnungen der Körper ab, an denen sich der Process des Wärmeumsatzes vollzieht.

Wird z. B. die Quantität der in der Zeiteinheit von einer glühenden Oberfläche ausgestrahlten Wärme durch eine bestimmte Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines festen Körpers gemessen, so hängt die Schnelligkeit, mit welcher diese Temperaturerhöhung in Wirklichkeit stattfindet, von der speci-

Niveau der sogenannten Photosphäre. Wenn nun »an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche« ein aufsteigender Strom von Gasen und Dämpfen entsteht, so muss derselbe seine wolkenförmigen Condensationsproducte auch in grösserer Höhe als in dem allgemeinen Niveau der leuchtenden Wolkendecke absetzen, also eine Wolke in den höheren, nicht »tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre« bilden, wie es die Beobachtungen für die Kernflecken verlangen. Am Sonnenrande müsste eine solche Wolke sich als eine leuchtende Erhöhung und nicht als eine dunkle Vertiefung der Scheibe projiciren, wie letzteres gleichfalls bei grösseren Flecken beobachtet wird (vergl. *Secchi,* Le soleil, p. 62).

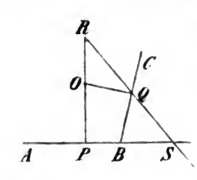
fischen Wärme und Leitungsfähigkeit des betreffenden Körpers ab, also von Verhältnissen, die mit der Schnelligkeit der Wärmeproduction der glühenden Oberfläche gar nichts zu schaffen haben.

Aehnliches gilt, wenn die Quantität der Wärme durch Schmelzungsarbeit gemessen wird. Wenn z. B. ein Cubikmeter Eisen von 0° durch Berührung einer seiner quadratischen Flächen mit einer glühendflüssigen Oberfläche geschmolzen werden soll, welche bei Abwesenheit der Eisenmasse in einer Secunde so viel Wärme ausstrahlt, dass damit in derselben Zeit 10 Cubikmeter Eisen geschmolzen werden könnten, so ist klar, dass die Zeit, welche in Wirklichkeit zur Schmelzung der Eisenmasse erforderlich ist, eine viel grössere sein wird. Denn diese Zeit hängt unter Anderem ab, erstens: von der Leitungsfähigkeit des Eisens. Je grösser dieselbe ist, desto schneller muss sich die zur Schmelzung erforderliche Wärme mittheilen und verbreiten. Zweitens: von der Schnelligkeit, mit welcher sich die geschmolzenen Theile entfernen können, um nicht durch ihre Temperaturerhöhung der noch nicht geschmolzenen Masse einen Theil der producirten Wärme zu entziehen. Da nun allgemein in der Wirklichkeit von der durch eine glühendflüssige Oberfläche ausgestrahlten Wärme nur ein Theil zur Schmelzung darauf schwimmender Körper verwandt werden kann, ein anderer Theil dagegen zur Temperaturerhöhung, Bewegung und Ausdehnung der geschmolzenen Substanz verbraucht wird, so darf nicht, wie es in den oben angeführten Argumentationen der Herren *Faye* und *Reye* geschieht, die Zeit, in welcher von einer glühenden Oberfläche eine bestimmte Quantität Wärme ausgestrahlt wird, mit derjenigen Zeit identificirt werden, welche diese Wärmequantität gebraucht, um sich vollständig in eine ihr äquivalente Arbeit des Schmelzens zu verwandeln. Die letztere Zeit hängt von der besonderen Beschaffenheit der physikalischen Verhältnisse und von der Natur des schmelzenden Korpers ab.

Aus der Gesammtheit der in vorstehender Abhandlung angestellten Betrachtungen ergiebt sich daher, wie mir scheint, dass die Voraussetzung schlackenartiger, durch Ausstrahlung an der glühendflüssigen Oberfläche der Sonne entstandener Abkühlungsproducte die einzige Annahme zur Erklärung der Sonnenflecke ist, welche nicht zu Widersprüchen mit physikalischen Gesetzen und sicher verbürgten Beobachtungen führt.

1.

Für jeden Punct O der Winkelebene CBA hat die Summe seiner Abstände $PO + QO$ von den Schenkeln zu der Summe der Abschnitte $PB + BQ$ dasselbe Verhältniss, nämlich $\tang \frac{1}{2} CBA$. Um diess zu beweisen, mache man auf PO die Strecke $PR = PO + QO$. Dann schneidet die Gerade QR von dem Nebenwinkel das Dreieck SQB ab, dessen Winkel Q, S gleiche Complemente haben und $\frac{1}{2} CBA$ betragen, so dass



$PS = PB + BQ$, $\quad PR : PS = \tang \frac{1}{2} CBA$.

Wenn O einen Schenkel überschreitet, so wechselt sein Abstand von diesem das Zeichen, und wenn P auf die Fortsetzung von AB fällt, so wechselt der Abschnitt PB das Zeichen.

Aus diesem Lemma fliessen Sätze über Perimeter von Polygonen und über Oberflächen von Polyedern, welche auf anderem Wege *Lindelöf* Bulletin de Petersburg 1870 t. 14 p. 256 abgeleitet hat.

2.

Wenn auf einer Ebene das Dreieck $F_1F_2F_3$, dessen Eckpuncte die rechtwinkeligen Coordinaten a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3 haben, und das Dreieck $H_1H_2H_3$ der Puncte $\alpha_1\beta_1$, $\alpha_2\beta_2$, $\alpha_3\beta_3$ so liegen, dass die Normalen durch H_1 zu F_2F_3, durch H_2 zu F_3F_1, durch H_3 zu F_1F_2 einen gemeinschaftlichen Punct xy haben, so ist

$$(a_2-a_3)(x-\alpha_1) + (b_2-b_3)(y-\beta_1) = 0$$
$$(a_3-a_1)(x-\alpha_2) + (b_3-b_1)(y-\beta_2) = 0$$
$$(a_1-a_2)(x-\alpha_3) + (b_1-b_2)(y-\beta_3) = 0$$

mithin durch Addition

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & a_1 & 1 \\ \alpha_2 & a_2 & 1 \\ \alpha_3 & a_3 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \beta_1 & b_1 & 1 \\ \beta_2 & b_2 & 1 \\ \beta_3 & b_3 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Unter dieser Bedingung, welche von den 6 Coordinaten $\alpha\beta$ eine bestimmt, und nach welcher die Flächen von zwei construirbaren Dreiecken entgegengesetzt gleich sind, gehn die 3 Normalen durch einen Punct, und man findet durch Elimination

$$\begin{vmatrix} (a_2-a_3)(x-\alpha_1)-(b_2-b_3)\beta_1 & b_2-b_3 \\ (a_3-a_1)(x-\alpha_2)-(b_3-b_1)\beta_2 & b_3-b_1 \end{vmatrix} = 0$$

oder, wenn die Fläche $F_1F_2F_3$ durch $\frac{1}{2}\Delta$ bezeichnet wird,

$$x\Delta = \begin{vmatrix} (a_2-a_3)\alpha_1 & b_2-b_3 \\ (a_3-a_1)\alpha_2 & b_3-b_1 \end{vmatrix} + (b_2-b_3)(b_3-b_1)(\beta_1-\beta_2), \text{ u. s. w.}$$

Wenn das Dreieck $H_1H_2H_3$ auf das Dreieck $F_1F_2F_3$ und auf das Dreieck $G_1G_2G_3$ der Puncte c_1d_1, c_2d_2, c_3d_3 so bezogen wird, dass F_1G_1 von H_1, F_2G_2 von H_2, F_3G_3 von H_3 nach demselben Verhältniss n getheilt werden, d. h.

$$\alpha_1 = \frac{a_1-nc_1}{1-n}, \quad \beta_1 = \frac{b_1-nd_1}{1-n}$$

u. s. w., so ist

$$\begin{vmatrix} c_1 & a_1 & 1 \\ c_2 & a_2 & 1 \\ c_3 & a_3 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & 1 \\ d_2 & b_2 & 1 \\ d_3 & b_3 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

die von n unabhängige Bedingung, unter welcher die 3 Normalen einen Punct xy gemein haben, so dass

$$x\Delta = \frac{A-nA'}{1-n}, \quad y\Delta = \frac{B-nB'}{1-n}, \quad \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x\Delta & A & A' \\ y\Delta & B & B' \end{vmatrix} = 0$$

während A, A', B, B' von n unabhängige ganze Functionen der Coordinaten a, b, c, d sind. Verschiedenen Werthen n entsprechen verschiedene Dreiecke $H_1H_2H_3$ und verschiedene gemeinschaftliche Normalenpuncte, die alle auf einer bestimmten Geraden liegen. Den Werthen 0 und ∞ entsprechen die Normalenpuncte $\frac{A}{\Delta}, \frac{B}{\Delta}$ und $\frac{A'}{\Delta}, \frac{B'}{\Delta}$, ihre Strecke wird von dem Normalenpunct, welcher dem Werth n entspricht, nach dem Verhältniss n getheilt.

Wenn insbesondere G_1, G_2, G_3 die Mitten der Seiten F_2F_3, F_3F_1, F_1F_2 sind, d. h. $c_1 = \frac{1}{2}(a_2+a_3)$, $d_1 = \frac{1}{2}(b_2+b_3)$, u. s. w., so ist die gefundene Bedingungsgleichung eine Identität. Den Werthen 0, ∞, -2 des Verhältnisses entsprechen als Normalenpuncte der Höhenpunct, das Centrum des Kreises $F_1F_2F_3$, der Schwerpunct des Dreiecks $F_1F_2F_3$. Die den verschiedenen Werthen des Verhältnisses entsprechenden Normalenpuncte liegen auf der *Euler*'schen Geraden des gegebenen Dreiecks, wie *Gauss* 1810 in den Zusätzen zu *Schumachers* Uebersetzung von *Carnot* géom. de position II p. 359 bemerkt hat.

3.

Coordinirte Projectionen einer Strecke heissen die Projectionen derselben auf je eine von 3 coordinirten Geraden durch Ebenen, welche mit den beiden andern Geraden parallel sind. Coordinirte Projectionen einer Planfigur heissen die Projectionen derselben auf je eine von 3 coordinirten Ebenen durch Gerade, die mit den beiden andern Ebenen parallel sind.

Das Prisma, dessen Basis und Kante in Bezug auf die Axen x, y, z die coordinirten Projectionen $L \sin yz$, $M \sin zx$, $N \sin xy$ und A, B, C haben, hat das Volum $(AL+BM+CN) \sin xyz$.

Beweis. Die positiven Normalen der coordinirten Ebenen und der Basis-Ebene werden durch x', y', z', n bezeichnet. Das Parallelepiped, dessen Kanten auf x, y, z positive Einheiten sind, hat das Volum

$$\sin yz \cos xx' = \sin zx \cos yy' = \sin xy \cos zz' = \sin xyz$$

Das die Basis p auf yz parallel mit x projicirende Prisma hat den Normalschnitt

$$p \cos xn = L \sin yz \cos xx' = L \sin xyz$$

u. s. w. Die Kante und die aus A, B, C durch parallele Verschiebung zusammengesetzte gebrochne Linie haben gleiche Normalprojectionen auf n, nämlich

$$\text{Höhe des Prisma} = A \cos xn + B \cos yn + C \cos zn$$

Also hat das gegebene Prisma das Volum

$$Ap \cos xn + \,.\,. = (AL+BM+CN) \sin xyz$$

4.

Die einen soliden Körper in gegebenen Puncten angreifenden Kräfte können, wie *Poinsot* 1804 gezeigt hat, durch eine einen willkürlichen Punct angreifende bestimmte Kraft und durch ein bestimmtes Kräftepaar ersetzt werden. Man ersetzt nämlich die den Punct $x_i y_i z_i$ angreifende Kraft $X_i Y_i Z_i$ (deren coordinirte Projectionen oder Componenten X_i, Y_i, Z_i sind) durch die den willkürlichen Punct fgh angreifende Kraft $X_i Y_i Z_i$ und das Paar, dessen Fläche das 2fache Dreieck der Puncte

$$x_i y_i z_i, \quad x_i+X_i,\, y_i+Y_i,\, z_i+Z_i, \quad fgh$$

ist, und dessen Projection auf yz durch Parallelen mit x den Werth

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ y_i & y_i+Y_i & g \\ z_i & z_i+X_i & h \end{vmatrix} \sin yz = \begin{vmatrix} y_i & Y_i \\ z_i & Z_i \end{vmatrix} \sin yz + \begin{vmatrix} y_i & g \\ z_i & h \end{vmatrix} \sin yz$$

hat. Demnach werden alle Kräfte ersetzt durch die den Punct fgh angreifende Kraft ABC und durch das Paar ($P \sin yz$, $Q \sin zx$, $R \sin xy$), so dass

$$A = \Sigma X_i, \quad B = \Sigma Y_i, \quad C = \Sigma Z_i$$

$$L = \Sigma \begin{vmatrix} y_i & Y_i \\ z_i & Z_i \end{vmatrix}, \quad M = \Sigma \begin{vmatrix} z_i & Z_i \\ x_i & X_i \end{vmatrix}, \quad N = \Sigma \begin{vmatrix} x_i & X_i \\ y_i & Y_i \end{vmatrix}$$

$$P = L + \begin{vmatrix} B & g \\ C & h \end{vmatrix}, \quad Q = M + \begin{vmatrix} C & h \\ A & f \end{vmatrix}, \quad R = N + \begin{vmatrix} A & f \\ B & g \end{vmatrix}$$

Dabei ist **das resultirende Prisma, dessen Basis das resultirende Paar und dessen Kante die resultirende Kraft ist, von gegebenem Volum unabhängig von dem willkürlichen Punct** (3)

$$(AP+BQ+CR) \sin xyz = (AL+BM+CN) \sin xyz$$

weil

$$\begin{vmatrix} A & A & f \\ B & B & g \\ C & C & h \end{vmatrix} = 0$$

Die resultirende Kraft DD' und das resultirende Paar DE, FG, welchen das zwischen den parallelen Parallelogrammen $DEFG$, $D'E'F'G'$ enthaltne resultirende Prisma entspricht, können durch zwei nicht in einer Ebene enthaltne Kräfte DE', FG

ersetzt werden, deren Tetraeder der dritte Theil des resultirenden Prisma, mithin von gegebenem Volum ist. Diese zwei Kräfte können constructiv auf dieselbe Weise durch zwei andre ersetzt werden, deren Tetraeder dem vorigen Tetraeder gleich ist, u. s. w.

Die Volum-Gleichheit der resultirenden Tetraeder ist von *Chasles* 1828 entdeckt worden, wie *Gergonne* Ann. 18 p. 372 unter Beifügung eines analytischen Beweises mittheilt. Nachdem von *Möbius* 1829 Crelle J. 4 p. 179 und 1837 Statik §§. 72. 84. 96. 103 diese Eigenschaft in helles Licht gesetzt worden war, hat *Chasles* 1847 Liouv. J. 12 p. 213 seine eignen Betrachtungen veröffentlicht.

5.

Nächst der Eintheilung der Planlinien in Ordnungen wurde die Vertheilung der Linien einer Ordnung in Species zuerst von *Newton* unternommen in der Enumeratio linearum 3ii ordinis 1704. Daselbst sind von einer Linie *n*ter Ordnung die *n* unendlich fernen Puncte auf ebensoviel geraden Asymptoten angegeben, und die ins Unendliche sich erstreckenden Zweige, für deren Ordinaten *Newton* früher durch sein »Parallelogramm« die eindeutigen Reihenentwickelungen gezeigt hatte, in parabolische und hyperbolische unterschieden. Auch die mehrfachen Puncte sind in Betracht gezogen, welche auf der Linie in endlicher wie in unendlicher Ferne vorkommen können, welche aber nicht vorkommen müssen, weil ihre Coordinaten einer Ueberzahl von bestimmten Gleichungen zu genügen haben. *Newton* hat die Doppelpuncte, deren nicht mehr als einer auf einer Linie 3. O. vorkommen kann, unterschieden und benannt nach ihren Tangenten,*) die entweder gesondert sind und zwar real (nodus) oder nicht real (punctum conjugatum), oder vereint (cuspis, wofür *Joh. Bernoulli* Brief an Leibniz 1695 Juni 18 rebroussement, Rückkehrpunct gebraucht hatte). Er giebt Constructionen von Curven mit einem Doppelpunct — insbesondre einer Linie 3. O., welche 7 gegebene Puncte enthält, deren einer ein Dop-

*) Ebenso wird die Art eines mehrfachen Punctes durch alle seine Tangenten bestimmt, die (real oder nicht real) entweder alle von einander verschieden sind oder nicht.

pelpunct ist — und bemerkt, dass die Construction einer Linie derselben Ordnung, welche keinen mehrfachen Punct besitzt, Schwierigkeiten andrer Art zu überwinden habe. Die Abhandlung culminirt in dem Satz, *) dass jede Linie 3. O. eine Centralprojection der Linie

$$y^2 = ax^3 + bx^2 + cx + d = a(x-\alpha)(x-\beta)(x-\gamma)$$

ist, welche nach Lage von α, β, γ eine von 5 Gestalten hat, unter denen 3 mit einem Doppelpunct (Spitze, Knoten, conjugirter Punct) versehn sind, und 2 ohne Doppelpunct (mit abgesonderter Ovale und ohne dieselbe). Dennoch hat vermuthlich die Rücksicht auf die Linien 2. O. *Newton* und nach ihm *Euler*, *Cramer*, *Plücker* veranlasst, die Vertheilung der Linien einer höhern Ordnung in Arten nach ihren unendlichen Zweigen zu versuchen, ohne vorher diese Linien nach ihren mehrfachen (singulären) Puncten in Geschlechter zu sondern.

Unter den Linien einer Ordnung haben *Newton*, *Maclaurin* u. A. zunächst die reduciblen (aus Linien niederer Ordnung bestehenden) ausgeschieden. Von einer irreduciblen Linie n. O. hat aber *Maclaurin* Geom. organica 1720 p. 137 die wichtige Eigenschaft bewiesen, dass sie nicht mehr als $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ Doppelpuncte (oder eine äquivalente Singularität z. B. einen $(n-1)$fachen Punct mit ebensoviel verschiedenen Tangenten) haben kann. **)

Hiernach war es angezeigt, die irreduciblen Linien n.O. mit $\frac{1}{2}(n-1)(n-2) - p$ Doppelpuncten in ein Geschlecht zusammenzufassen, so dass die Linien mit $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ Doppelpuncten das 0te Geschlecht, die Linien mit $\frac{1}{2}(n-1)(n-2) - 1$ Doppelpuncten das 1te Geschlecht u. s. w. singulärer Linien ausmachen, während die Linien $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ten Geschlechts

*) *Chasles* Aperçu hist. Note 20. *Möbius* die Grundformen der Linien 3. O. 1849. *Salmon* plane curves 1852 §. 144 ff.

**) Eine reducible Linie hat ohne Ausnahme Doppelpuncte (real oder nicht real), deren Anzahl aber auch geringer sein kann, als die Anzahl der auf einer irreduciblen Linie derselben Ordnung vorhandenen Doppelpuncte. Wenn die Linien $u=0$ und $v=0$ m. und n. O. sind, so hat die reducible Linie $uv=0$ $(m+n)$.O. mn Doppelpuncte, und es ist

$$\binom{m+n-1}{2} = mn + \binom{m-1}{2} + \binom{n-1}{2} - 1 > mn$$

unter der Bedingung $\binom{m-1}{2} + \binom{n-1}{2} > 1$.

(ohne Doppelpuncte) die **ordinären** (allgemeinen) Linien n. O. sind. Unter den Linien 2. O. giebt es keine singulären; unter den Linien 3. O. giebt es 3 Arten singuläre 0ten Geschlechts mit einem Doppelpunct, und 2 Arten ordinäre 1ten Geschlechts ohne einen Doppelpunct; unter den Linien 4. O. giebt es singuläre 0ten, 1ten, 2ten Geschlechts mit 3, 2, 1 Doppelpuncten, und ordinäre 3ten Geschlechts ohne einen singulären Punct. U. s. w.

Diese Unterscheidung, deren volles Gewicht in einer bestimmten Verwandtschaft aller Linien desselben Geschlechts liegt, ist bekanntlich aus der Theorie der Abelschen Integrale hervorgegangen. *Riemann* hatte 1857 Crelle J. 54 p. 133 in eine **Classe** von bestimmter Nummer p diejenigen Linien **aller Ordnungen** vereinigt, deren Gleichungen durch **rationale** Substitutionen in einander sich transformiren lassen. Hiervon ausgehend hat *Clebsch* 1863 Crelle J. 63 p. 192 die von ihm so genannte Geschlechtszahl p durch die Ordnungszahl n eines beliebigen Individuum und die Anzahl d seiner Doppelpuncte ausgedrückt

$$p = \tfrac{1}{2}(n-1)(n-2) - d\ ^{*})$$

und insbesondre 1864 Crelle J. 64 p. 43 bei einer Linie n. O. mit $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ Doppelpuncten gezeigt, wie ihre Coordinaten durch eine Variable rational ausgedrückt werden können, und umgekehrt. Vergl. *Clebsch* und *Gordan* Abelsche Functionen 1866 §. 19 ff. Durch diese Umkehrung ist ein neues Licht gefallen auf die von *Möbius* im barycentrischen Calcul betrachteten Linien, deren homogene (barycentrische) Coordinaten Functionen $n$ten Grades sind. Die Puncte derselben können durch Linealconstruction gefunden werden (§. 71), und die Gleichung $n$ten Grades für die Coordinaten eines Punctes hat Coefficienten, die durch $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ bestimmte Gleichungen unter einander verbunden sind (§. 138). Man sieht, dass diese Linien singulär sind mit $\frac{1}{2}(n-1)(n-2)$ Doppelpuncten, also 0ten Geschlechts.

Bei der Vertheilung der Flächen einer Ordnung hat man in gleicher Weise zuerst die reduciblen auszuscheiden; dann die singulären mit singulären Puncten, in welchen die Fläche von Geraden berührt wird, die nicht auf einer Ebene, sondern auf

*) Hierauf bezieht sich die *Cayley*'sche Benennung (1865) deficiency für Geschlecht.

einem Kegel liegen; zuletzt bleiben die ordinären ohne singuläre Puncte. Die Flächen 2. O. sind demnach entweder Paare von Ebenen — gesondert (real oder nicht) oder vereint — oder Kegel (Cylinder), oder ordinär mit negativer oder positiver Determinante (elliptisch, hyperbolisch) und zwar Ellipsoide, Hyperboloide, Paraboloide, je nachdem der Asymptotenkegel nicht real, real, reducibel ist, so dass ein Ellipsoid, 2 Hyperboloide und 2 Paraboloide unterschieden werden.

6.

Die in meiner Theorie der Determinanten §. 11, 8 enthaltnen Bemerkungen über den gemeinschaftlichen Divisor von zwei ganzen Functionen einer Variablen und die Auflösung eines binären Systems von algebraischen Gleichungen können auf einfache Weise wie folgt begründet werden.

Wenn u, v gegebene ganze Functionen von x, und deren Coefficienten gegebene Functionen von y oder constant sind z. B.

$$u = a_0 + a_1x + a_1x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$$
$$v = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$$

so bilde man aus u, ux, ux^2 und aus v, vx, vx^2, vx^3

$$R = \begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & & \\ & a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & \\ & & a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & & & \\ & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & & \\ & & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & \\ & & & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$$

ferner nach Weglassung von je einer Zeile

$$S = \begin{vmatrix} a_0+a_1x & a_2 & a_3 & a_4 & \\ a_0x & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_0+b_1x & b_2 & b_3 & & \\ b_0x & b_1 & b_2 & b_3 & \\ & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = S_0 + S_1x$$

und nach Weglassung von je zwei Zeilen

$$T = \begin{vmatrix} a_0+a_1x+a_2x^2 & a_3 & a_4 \\ b_0+b_1x+b_2x^2 & b_3 & \\ b_0x+b_1x^2 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = T_0 + T_1x + T_2x^2$$

Indem man zu den ersten Colonnen dieser Systeme die mit hinreichenden Potenzen von x multiplicirten folgenden Colonnen addirt, erhält man die Ausdrücke

$$R = \begin{vmatrix} u & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & & \\ ux & a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & \\ ux^2 & & a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ v & b_1 & b_2 & b_3 & & & \\ vx & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & & \\ vx^2 & & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & \\ vx^3 & & & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = uP + vQ$$

$$S = \begin{vmatrix} u & a_2 & a_3 & a_4 & \\ ux & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ v & b_2 & b_3 & & \\ vx & b_1 & b_2 & b_3 & \\ vx^2 & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = uP_1 + vQ_1$$

$$T = \begin{vmatrix} u & a_3 & a_4 \\ v & b_3 & \\ ux & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = uP_2 + vQ_2$$

welche zu erkennen geben, dass eine ganze Function von x, welche in u und v ohne Rest aufgeht, Divisor von R, S, T ist. Demnach haben, wenn R nicht null ist, u und v keinen von x abhängigen gemeinschaftlichen Divisor. Dagegen haben sie unter der Bedingung $R = 0$ den gemeinschaftlichen Divisor ersten Grades S, oder wenn dieser identisch null ist, den gemeinschaftlichen Divisor zweiten Grades T. U. s. w.

Wenn $u = 0$ und $v = 0$, so ist auch $R = 0$, $S = 0$, $T = 0$. Einem der Gleichung $R = 0$ genügenden y entspricht das den Gleichungen $S = 0$, $T = 0$ genügende x, oder es entsprechen ihm die beiden der Gleichung $T = 0$ genügenden x, so dass x, y dem gegebenen System $u = 0$, $v = 0$ genügen.

7.

Die häufig angewendeten von *Bézout*, *Monge*, *Möbius* aufgestellten Identitäten (Det. §. 3, 14) entspringen aus der Bemerkung, dass bei beliebigen x, y, z

$$\begin{vmatrix} a_1x+b_1y+c_1z & a_1 & b_1 & c_1 \\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_4x+b_4y+c_4z & a_4 & b_4 & c_4 \end{vmatrix} = 0$$

Wenn nun

$$a_1x+b_1y+c_1z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_5 & b_5 & c_5 \\ a_6 & b_6 & c_6 \end{vmatrix} = (156)$$

u. s. w., so erhält man durch Entwickelung der Determinante nach den Elementen der ersten Colonne

$$(234)(156) + (314)(256) + (124)(356) - (123)(456) = 0$$

8.

Wenn nach den Bezeichnungen Det. §. 5, 1

$$P = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdot\ \cdot & a_{1n} \\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ a_{m1} & \cdot\ \cdot & a_{mn} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} b_{11} & \cdot\ \cdot & b_{1n} \\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ b_{m1} & \cdot\ \cdot & b_{mn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} c_{11} & \cdot\ \cdot & c_{1m} \\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ c_{m1} & \cdot\ \cdot & c_{mm} \end{vmatrix}$$

gebildet wird, so erhält man auf dieselbe Weise

$$Q = \begin{vmatrix} 1 & a_{11} & \cdot\ \cdot & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ 1 & a_{m1} & \cdot\ \cdot & a_{mn} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & b_{11} & \cdot\ \cdot & b_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ 1 & b_{m1} & \cdot\ \cdot & b_{mn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1+c_{11} & \cdot\ \cdot & 1+c_{1m} \\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot \\ 1+c_{m1} & \cdot\ \cdot & 1+c_{mm} \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 1-1 & 1-1 & \cdot \\ 1 & 1+c_{11} & 1+c_{12} & \cdot \\ 1 & 1+c_{21} & 1+c_{22} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 & \cdot \\ 1 & c_{11} & c_{12} & \cdot \\ 1 & c_{21} & c_{22} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \end{vmatrix}$$

$$= P - \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & \cdot\ \cdot \\ 1 & c_{11} & c_{12} & \cdot \\ 1 & c_{21} & c_{22} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \end{vmatrix}$$

Nun ist Q die Summe von $\binom{n+1}{m}$ Producten aus zwei Determinanten $m$ten Grades. Also umfasst das zweite Glied der Entwickelung die $\binom{n}{m-1}$ Producte der Determinanten $m$ten Grades von je zwei quadratischen Systemen, welche die hinzugesetzten Colonnen 1 enthalten, wie neulich *Gundelfinger* (Schlömilch Zeit-

schrift 18 p. 312) bemerkt hat. Dieser Satz ist ein Theil des allgemeinen Satzes, welchen ich Det. §. 16, 12 bewiesen habe.

9.

Eine Determinante $n$ten Grades kann unter Einführung zweier nicht proportionalen Reihen von je n Unbestimmten durch eine Determinante 2ten Grades ausgedrückt werden. Zu diesem Zweck entwickle man die gegebene Determinante nach den Subdeterminanten von 2 Zeilen z. B.

$$\begin{vmatrix} a_1 & . & . & a_5 \\ . & . & . & . \\ e_1 & . & . & e_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} c_3 & c_4 & c_5 \\ d_3 & d_4 & d_5 \\ e_3 & e_4 & e_5 \end{vmatrix} + \,.\,.$$

Die beiden Zeilen des Systems ersetze man durch die Unbestimmten $u_1 \,.\,.\, u_5$ und $v_1 \,.\,.\, v_5$, und bilde die adjungirten Systeme

$$\begin{matrix} u_1 & . & . & u_5 \\ v_1 & . & . & v_5 \\ c_1 & . & . & c_5 \\ d_1 & . & . & d_5 \\ e_1 & . & . & e_5 \end{matrix} \qquad\qquad \begin{matrix} x_1 & . & . & x_5 \\ y_1 & . & . & y_5 \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \end{matrix}$$

so dass in der Determinante w des veränderten Systems das Element u_1 den Coefficienten x_1 hat, u. s. w. Nun ist nach Jacobi's Satz (Det. §. 6, 2)

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} = w \begin{vmatrix} c_3 & c_4 & c_5 \\ d_3 & d_4 & d_5 \\ e_3 & e_4 & e_5 \end{vmatrix}$$

u. s. w., folglich

$$w \begin{vmatrix} a_1 & . & . & a_5 \\ . & . & . & . \\ e_1 & . & . & e_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} + \,.\,.$$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & . & . & a_5 \\ b_1 & . & . & b_5 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & . & . & x_5 \\ y_1 & . & . & y_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1x_1 + a_2x_2 + \,.\,. & a_1y_1 + b_2y_2 + \,.\,. \\ b_1x_1 + b_2x_2 + \,.\,. & b_1y_1 + b_2y_2 + \,.\,. \end{vmatrix}$$

während die Grössen x von den Grössen v, die Grössen y von den Grössen u, und w von beiderlei Grössen lineare Functionen sind.

10.

Die Anzahl derjenigen Glieder einer Determinante, welche kein Element der Diagonale enthalten, habe ich Det. §. 4, 1 angegeben. Aber der hinzugefügte Beweis bedarf, wie ich auf Grund neuerer Mittheilungen bemerkt habe, der Berichtigung, welche hier folgt.

Die Formel $a_{11} \, . \, . \, a_{kk} \Sigma \pm a_{k+1,k+1} \, . \, . \, a_{nn}$ hat $(n-k)!$ Glieder, welche Glieder der Determinante $R = \Sigma \pm a_{11} \, . \, . \, a_{nn}$ sind und k und mehr Elemente der Diagonale enthalten. Wenn man für je k Elemente der Diagonale die entsprechenden Formeln bildet und addirt, so erhält man eine Summe, welche durch S_k bezeichnet wird und $(n-k)! \binom{n}{k}$ d. i. $\frac{n!}{k!}$ Glieder der angegebenen Art hat, die zum Theil gleich und gleiches Zeichens sind. Determinantenglieder mit weniger als k diagonalen Elementen kommen in S_k nicht vor; ein gegebenes Determinantenglied mit m und nicht mehr diagonalen Elementen hat in S_k den Coefficienten $\binom{m}{k}$.

In dem Polynomium von m und mehr Summen $S_1 - S_2 + S_3 - \, . \, .$ hat ein gegebenes Determinantenglied mit m und nicht mehr diagonalen Elementen den Coefficienten

$$\binom{m}{1} - \binom{m}{2} + \binom{m}{3} - \, . \, . = 1$$

weil $1 - \binom{m}{1} + \binom{m}{2} - \, . \, . = (1-1)^m = 0.$

Das Polynomium der n Summen $S_1 - S_2 + S_3 - \, . \, .$ enthält demnach kein Determinantenglied ohne diagonale Elemente, aber alle Determinantenglieder mit 1 und mehr diagonalen Elementen, jedes mit dem Coefficienten 1. Wenn man entsprechend die Gliederzahl von S_1 vermindert um die Gliederzahl von S_2, vermehrt um die Gliederzahl von S_3, u. s. w., so behält man endlich die Anzahl der Determinantenglieder mit diagonalen Elementen

$$\frac{n!}{1} - \frac{n!}{2} + \frac{n!}{3!} - \, . \, .$$

und findet die Anzahl der Determinantenglieder ohne diagonale Elemente

$$\psi_n = n! \left\{ \frac{1}{2} - \frac{1}{3!} + \, . \, . + \frac{(-1)^n}{n!} \right\}$$

Daher ist

$$\psi_{n+1} = (n+1)!\left\{\frac{1}{2}-\frac{1}{3!}+\ldots+\frac{(-1)^{n+1}}{(n+1)!}\right\} = (n+1)\psi_n+(-1)^{n+1}$$

$$\psi_n = n\psi_{n-1} + (-1)^n$$

und durch Addition

$$\psi_{n+1} = n(\psi_{n-1} + \psi_n)$$

Aus $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 1$ folgt recursiv $\psi_3 = 2$, $\psi_4 = 9$, $\psi_5 = 44$, $\psi_6 = 265$, u. s. w.

Weil $e^{-1} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3!} + \ldots + \frac{(-1)^n}{n!} + \frac{(-1)^{n+1}}{(n+1)!} + \ldots$, so ist ψ_n bei ungeradem n die ganze Zahl des Quotienten $n!:e$, bei geradem n die nächsthöhere ganze Zahl.

Auf Grund einer andern Zählung hat *Weyrauch* Crelle J. 74 p. 273 die Zahl ψ_n berechnet. Der recursive Ausdruck für ψ_{n+1} ist von *Monro* Messenger of Math. 1872 p. 38 direct bewiesen worden.

11.

Das Integral eines rationalen Differentials kann im Allgemeinen nicht berechnet werden ohne die Werthe der Variablen, welchen unendliche Werthe des Differentials entsprechen; desshalb ist es unerlässlich, den Nenner in seine einfachen Factoren zu zerlegen. Wenn man dann nach dem Vorgang von *Leibniz* und *Joh. Bernoulli* 1702 das gegebene Differential in einfach gebrochne Differentiale zerlegt und aus deren Integralen das gesuchte Integral wiederum zusammensetzt, so macht die Rechnung einen beschwerlichen Umweg, den man erspart haben würde, wenn man den Weg verfolgt hätte, welchen *Newton* bei der Integration algebraischer Differentiale in der frühe verfassten und 1704 veröffentlichten Quadratura curvarum eingeschlagen hat.

Man kann von dem Integral eines rationalen Differentials den rationalen Theil, wenn ein solcher existirt, ablösen und demnach das gesuchte Integral unmittelbar durch die erforderlichen einfachen Integrale und durch ein rationales Glied ausdrücken auf Grund der Bemerkung, dass das Differential

$$d\left(\int\frac{Adp}{p} + \int\frac{Bdq}{q} + \frac{v}{p^\varkappa q^\lambda}\right)$$

$$= \frac{Adp}{p} + \frac{Bdq}{q} + \frac{dv}{p^\varkappa q^\lambda} - \frac{v}{p^\varkappa q^\lambda}\left(\frac{\varkappa dp}{p} + \frac{\lambda dq}{q}\right)$$

den Nenner $p^{\varkappa+1}q^{\lambda+1}$ hat. Wenn

$$u = \frac{P}{(x-\alpha)^{\varkappa}(x-\beta)^{\lambda}\,..\,(x^2+2ax+a_1)^{\mu}(x^2+2bx+b_1)^{\nu}\,..}$$

eine echtgebrochne Function von x ist, in welcher $\varkappa$, λ, .., μ, ν, .. positive ganze Zahlen, α, β, .., a, a_1, b, b_1, .. reale Zahlen bedeuten, letztre der Art, dass a_1-a^2, b_1-b^2, .. positiv sind, so ist $\int u\,dx$

$$=\int\frac{A\,dx}{x-\alpha}+\int\frac{B\,dx}{x-\beta}+\,..\,+\int\frac{(Fx+F_1)\,dx}{x^2+2ax-a_1}+\int\frac{(Gx+G_1)\,dx}{x^2+2bx+b_1}+\,..$$

$$+\frac{Q}{(x-\alpha)^{\varkappa-1}(x-\beta)^{\lambda-1}\,..\,(x^2+2ax+a_1)^{\mu-1}(x^2+2bx+b_1)^{\nu-1}\,..}$$

wobei der Zähler Q eine ganze Function von x bedeutet, deren Grad den Grad des Nenners nicht erreicht, und deren Coefficienten nebst A, B, .., F, F_1, G, G_1, .. sich berechnen lassen. Denn der Differentialquotient dieses Ausdrucks ist eine echtgebrochne Function von x desselben Nenners wie u. Der Zähler enthält linear die $(\varkappa-1)+(\lambda-1)+\,..\,+2(\mu-1)+2(\nu-1)+\,..$ Coefficienten der Q nebst den Coefficienten A, B, .., F, F_1, G, G_1, .. d. i. diejenige Anzahl, welche im Zähler der u zulässig ist. Durch die Identität werden alle Coefficienten bestimmt. Endlich findet man auf die gewöhnliche Weise

$$\int\frac{(Fx+F_1)\,dx}{x^2+2ax+a_1}=\frac{1}{2}F\log(x^2+2ax+a_1)+\frac{F_1-Fa}{\sqrt{a_1-a^2}}\operatorname{arctang}\frac{x+a}{\sqrt{a_1-a^2}}$$

Also wird z. B.

$$\int\frac{P\,dx}{(x+1)x^3(x^2+x+1)^4}=\int\frac{A\,dx}{x+1}+\int\frac{B\,dx}{x}+\int\frac{(Cx+D)\,dx}{x^2+x+1}+\frac{a_7x^7+\,..\,+a_0}{x^2(x^2+x+1)^3}$$

gesetzt, das Differential der rechten Seite mit dem gegebenen Differential identificirt, u. s. w.

Das rationale Glied des Integrals kann nur dann existiren, wenn der Nenner der u gleiche Factoren hat. Der Nenner des rationalen Gliedes ist der grösste gemeinschaftliche Divisor des gegebenen Nenners und seines Differentialquotienten, und hat desshalb rationale Coefficienten. Die transscendenten Glieder des Integrals können nur dann fehlen, wenn der Zähler der u den zulässigen Grad nicht erreicht. Bei der Ausrechnung vereinigt man zuerst die Brüche, deren Nenner ersten und zweiten Grades sind, u. s. w.

Wenn s^2 eine gegebene Function $m$ten Grades von x, mithin $s\,ds$ das Product einer Function $(m-1)$ten Grades mit dx

ist, so findet man auf demselben einfachen Wege die Reduction des Integrals

$$\int [k] \frac{dx}{s} = [k-m+1] s + \int [m-2] \frac{dx}{s}$$

wobei $[k]$ eine gegebene Function $k$ten Grades, $[m-2]$ und $[k-m+1]$ bestimmte Functionen der eingeschlossenen Grade bedeuten; ferner bei $m=2$

$$\int \frac{[k-1]}{(x-\alpha)^k} \frac{dx}{s} = \frac{[k-2]}{(x-\alpha)^{k-1}} s + \int \frac{A}{x-\alpha} \frac{dx}{s}$$

u. s. w., so dass von den Integralen dieser algebraischen Differentiale nach Ablösung ihrer algebraischen Glieder einfachere Integrale übrig bleiben.

SITZUNG AM 12. DECEMBER 1873.

H. C. Vogel, *Über ein Spectroskop zur Beobachtung lichtschwacher Sterne, und einige damit ausgeführte Beobachtungen*, vorgelegt von *F. Zöllner*.

Nebst einer Tafel.

Um das Licht der Gestirne zu analysiren, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Der nächstliegendste und älteste ist der, vor dem Objectiv eines Fernrohrs ein Prisma anzubringen und das schmale im Brennpunkt des Objectivs entstehende Farbenbild mit Ocular und Cylinderlinse zu vergrössern resp. zu verbreitern. Bereits *Fraunhofer* hat sich dieser Methode bedient; in neuerer Zeit ist sie von *Secchi* wieder aufgenommen und empfohlen worden, doch scheinen die Erwartungen, die *Secchi* nach den ersten Versuchen gehegt hatte, sich nicht in voller Weise realisiren zu wollen. Nach meinen Erfahrungen vermag der Vortheil der geringen Lichtschwächung, der dieser Methode zukommt, die vielen Übelstände nicht aufzuwiegen, welche dieselbe gegenüber anderen Beobachtungsarten hat. Bei nur einigermassen unruhiger Luft verschwinden die Linien in den Spectren fast ganz, auch kann man mit Hülfe eines Objectivprismas nur Fixsterne, nicht aber Objecte grösserer Ausdehnung, wie grössere Planeten, Cometen, Nebelflecke u. dergl. mehr, beobachten.

Eine andere Vorrichtung spectralanalytische Untersuchungen an Sternen auszuführen, besteht bekanntlich darin, an Stelle des Oculars eines Fernrohrs, entweder einen vollständigen, für sich bestehenden Spectralapparat so anzubringen, dass sich der Spalt desselben in einer Ebene befindet, welche senkrecht zur optischen Axe im Brennpunkt des Objectivs steht

(*Huggins, Secchi*), oder aber Prismen im Fernrohr anzubringen, da, wo die vom Objectiv kommenden Lichtstrahlen sich noch nicht vereinigt haben und dann das im Brennpunkte entstehende Spectrum mit Ocular und Cylinderlinse zu betrachten (*Secchi*). Die erstgenannte Vorrichtung ist ohne Zweifel die Geeignetste, wenn es sich darum handelt, genaue Messungen der Linien in den Spectren vorzunehmen. Sie lässt auch die allgemeinste Anwendung zu, indem man wegen des Spaltes auch von ausgedehnteren Objecten reine Spectra erhält; es ist die verbreitetste Vorrichtung zur Untersuchung einzelner Theile der Sonnenoberfläche. Das zweiterwähnte Spectroskop von *Secchi* ist ohne Spalt und nur für Fixsterne zu gebrauchen.

Als eine dritte Art Spectra von Sternen zu beobachten, die entschieden noch zu geringe Beachtung gefunden hat, ist die Anwendung von Interferenzgittern zu bezeichnen. Man kann ein Gitter sowohl vor dem Objectiv anbringen, als auch die Prismen eines zusammengesetzten Spectralapparates am Ocularende dadurch ersetzen. Der Schwierigkeit der Herstellung grösserer Gitter mag es zumeist zuzuschreiben sein, dass bis jetzt über Versuche mit denselben noch nichts bekannt geworden ist. Ich habe einige dahin gehende Untersuchungen bereits vor Jahresfrist angestellt und halte es trotz der grossen Abschwächung des Lichtes, die ein Gitter vor dem Objectiv hervorbringt, nicht für unwahrscheinlich, dass die Methode mit Vortheil zur Untersuchung hellerer Sterne angewandt werden kann. Bei dem planetarischen Nebel *h* 2098 (der das bekannte Dreilinienspectrum zeigt), waren die den Linien entsprechenden Bilder des Nebels noch leidlich zu sehen, die Spectra heller Sterne waren genügend intensiv, um Messungen daran ausführen zu können. Ich denke die Versuche mit besseren Hülfsmitteln als bisher in nächster Zeit zu wiederholen und werde dann erst im Stande sein Genaueres über die Anwendbarkeit der Beobachtungsmethode mittheilen zu können. Als Vortheil dürfte zu bezeichnen sein, dass man durch die Messungen die Wellenlängen der Linien direct finden kann, und dass — da die Beugungsspectra zu beiden Seiten von der Mitte aus so gelegen sind, dass die Farbenfolge auf der einen Seite, entgegengesetzt ist von der auf der andern Seite — die Grösse einer etwa eintretenden Verschiebung, durch Annäherung oder Entfernung des Sterns von der Erde, sich im doppelten Betrag darstellt, wenn die Entfernung einer und derselben Linie

in den Spectren rechts und links von der Mitte bestimmt wird. Der Ersatz der Prismen, bei Spaltspectroskopen am Ocularende des Fernrohrs, durch ein feines Interferenzgitter, dürfte zunächst deshalb vortheilhaft erscheinen, als bei beliebig grosser Zerstreuung die Dimensionen des Apparats immer dieselben bleiben. Da ferner die Ausdehnung der einzelnen Farben ihren Wellenlängen proportional ist, sind die weniger brechbaren Theile des Interferenz-Spectrums, im Vergleich zu den durch Prismen erzeugten, ausgedehnter, zur Beobachtung von Protuberanzen in Roth oder Gelb daher geeigneter. Schon vor längerer Zeit hatte ich die Construction eines solchen Spectralapparates in's Auge gefasst und bin nur durch die Kosten eines feinen Interferenzgitters bisher an der Ausführung verhindert worden. Der günstige Erfolg ist mir durch die Arbeit *Ångströms* über das Sonnenspectrum, welche bekanntlich mit Anwendung von Interferenzgittern ausgeführt worden ist, zweifellos. Wie ich hörte, hat *Young* in Amerika in neuerer Zeit Interferenzgitter zur Beobachtung von Protuberanzen verwandt.

Leider wird bei allen diesen Methoden (das Objectivprisma und das Spectroskop ohne Spalt von *Secchi* ausgenommen) das Licht sehr geschwächt, so dass sich nur hellere Sterne der Untersuchung unterwerfen lassen. Schon eine oberflächliche Durchmusterung des Himmels, wie sie von *Secchi**) vorgenommen worden ist, hat jedoch dargethan, dass gerade unter den schwächeren Sternen viele anzutreffen sind, die ein interessantes Spectrum zeigen und es ist anzunehmen, dass eine möglichst genaue Untersuchung der Spectra schwächerer Sterne wichtige Beiträge für unsere Erkenntniss der Fixsternwelt geben werde. Bei der grossen Anzahl der schwächeren Sterne wird es dem Einzelnen unmöglich die Beobachtungsmasse zu bewältigen, und wäre es deshalb, sowie zum Zwecke einer Controle bestehender Beobachtungen, wünschenswerth, dass sich die Zahl der Beobachter vergrösserte.

Vielleicht ist das kleine Instrument, welches ich im Folgenden zu beschreiben gedenke, geeignet, der spectral-analytischen Beobachtung neue Freunde zuzuführen, da es sich an jedem

*) Cat. delle Stelle di cui si è determinato lo spettro luminoso. Parigi 1867. Sugli Spettri prismatici delle Stelle fisse Mem. II. (Catalogo spettrale delle Stelle rosse principali). Astr. Nachr. Nr. 1591.

Fernrohre, auch ohne Beseitigung des mit den meisten grösseren Instrumenten so eng verwachsenen Fadenmikrometers, leicht anbringen und handhaben lässt.

Dieses Spectroskop, in seiner einfachsten Form, besteht aus einem kleinen Prismensatz à vision directe von 5 Prismen, einer sphärischen Linse und einer Cylinderlinse, die dicht vor dem Auge des Beobachters sich befindet. Sr. Excellenz Geheime Rath Dr. *Camphausen*, durch welchen ich die zu beschreibende Methode spectroskopischer Beobachtung kennen lernte, verwendet ein *Browning*'sches Miniaturspectroskop, von welchem der Spalt entfernt und an Stelle des Oculardeckels eine Cylinderlinse von passender Brennweite vorgesetzt ist. Herr *Camphausen* zeigte mir vergangenen Herbst, auf seiner Sternwarte in Rüngsdorf, mit dieser Vorrichtung an einem 7-zölligen Refractor, bei sehr ungünstiger Luft, das Spectrum von α Herculis. Ich war erstaunt über die Lichtstärke des Spectrums und die Schärfe, mit der man die Banden, trotz der schlechten Himmelsbeschaffenheit, erkennen konnte. In den nächsten Tagen hatte ich Gelegenheit bei günstigerer Witterung verschiedene Sterne zu beobachten, das Spectrum von R Lyrae (4.5 Grösse) war ganz prachtvoll, wahrhaft überraschend aber die Spectra der helleren Sterne α Herculis, β Pegasi, α Orionis, α Bootis und α Tauri. Die Vortheile, welche diese Vorrichtung für die Untersuchung lichtschwächerer Sterne bieten würde, wenn gleichzeitig die Möglichkeit einer Messung der Linien oder Banden in den Spectren gegeben wäre, erschien mir so unzweifelhaft, dass ich schon in Rüngsdorf bemüht war, das Spectroskop so umzugestalten, dass sich Messungen damit ausführen liessen.

Nach Bothkamp zurückgekehrt, setzte ich einen Apparat zusammen, der diesen Anforderungen zu genügen scheint, wie ich durch die Mittheilungen einiger damit angestellten Beobachtungen, die weiter unten folgen, zu belegen hoffe, und erlaube ich mir daher detaillirtere Angaben über die Construction desselben zu geben.

Beschreibung des Apparats.

1.

In der Hülse *B* (Fig. 1) sind die Prismen *P* befestigt, am unteren Ende derselben befindet sich eine sphärische Linse *b*

(Brennweite 25 ^{mm}), am anderen Ende eine cylindrische Linse *a* (Brennweite 160 ^{mm}). Am oberen Ende der Hülse *B*, der Endfläche *m* der Prismen gegenüber, mündet eine Hülse *C* ein, welche durch eine schwache sphärische Linse *c* verschlossen ist. Über *C* verschiebt sich eine Hülse *D*, die an ihrem einen Ende entweder einen Spalt, oder eine auf Glas photographirte Scala *S* trägt. *A* ist eine federnde Hülse, in der sich *B* verschieben lässt, sie trägt ein Gewinde *w*, durch welches sie an Stelle des Oculars am Fernrohr befestigt werden kann.

Entfernt man die Cylinderlinse *a*, so kann man durch Verschiebung von *B* in der Hülse *A*, wenn sich das Auge am Ende der Röhre *B* bei *O* befindet, ein deutliches Spectrum von dem im Brennpunkte des Fernrohrs entstehenden Bilde erhalten. Dieses Spectrum wird aber, wenn das Object ein Stern ist, was ich zunächst voraussetze, überaus schmal sein. Vermittelst der Cylinderlinse *a* lässt sich dieses schmale Spectrum auf zweierlei Weise in ein Band verbreitern, einmal indem man die Axe (die Cylinderaxe, nicht die optische) der Cylinderlinse senkrecht, ein andermal parallel zu den brechenden Kanten der Prismen stellt. Im ersten Falle würde man die Hülse *B* (von der vorhin gedachten Einstellung ohne Cylinderlinse ausgehend) etwas weiter auszuziehen, im anderen Falle etwas weiter einzuschieben haben um ein Spectrum zu erhalten, in dem die Linien scharf erscheinen. Die Bilder sind, wie durch Versuche gefunden wurde, am besten, wenn die cylindrische Axe der Linse parallel zu der brechenden Kante der Prismen gelegen ist. Für die Anwendung des Apparats als blosses Spectroskop wäre es gleichgültig, welcher Stellung der Cylinderlinse man den Vorzug giebt, soll der Apparat jedoch zur Messung dienen, so ist nur die letzterwähnte Stellung der Axe zulässig*).

*) Ich gebe hier gleich eine Regel um die Cylinderlinse auf leichte Weise richtig zu stellen. Man verschiebe die Hülse *B* so lange, bis man ohne Cylinderlinse ein möglichst schmales, scharfes Spectrum erhält, dann setze man die Linse vor, und drehe sie, bis sie das fadenförmige Spectrum in keiner Weise verbreitert, dies ist die richtige Stellung und man braucht nur die Hülse *B* etwas einzuschieben um ein allmälig sich verbreiterndes Spectrum, in dem man Linien oder Banden bald erkennen wird, zu erhalten. Wie weit man das Rohr *B* einzuschieben, oder die Linse *b* dem Brennpunkte zu nähern hat, um die Linien im Spectrum möglichst scharf [illegible] hängt natürlich von der Brennweite der Linsen *b* und *a*, aber

Um Messungen an den Linien in den Spectren auszuführen, habe ich zwei Wege für praktisch befunden. Für Fernröhre ohne Uhrwerk, kann man die Entfernung der einzelnen Banden durch *AR*-Differenzen bestimmen, als Marke dient der Spalt *S*, der durch eine davorgehaltene Lampe erleuchtet wird. Damit das Licht dieser Lampe das in *O* befindliche Auge des Beobachters nicht irritirt, ist ein Schirm *ss* an der Hülse *D* befestigt. Die durch den Spalt gehenden Lichtstrahlen werden von der Endfläche der Prismen *m* reflectirt und gleichzeitig, mit den durch die Prismen gehenden vom Stern kommenden Strahlen, zum Auge des Beobachters gelangen. Befindet sich der Spalt in der durch die Cylinderlinse verkürzten Entfernung der deutlichen Sehweite, was man durch Verschieben der Hülse *D* erreichen kann, so wird man ihn als feine scharfe Lichtlinie erblicken. Die Linse *c* hat nur den Zweck, die deutliche Sehweite noch mehr zu verkürzen, um das seitliche Rohr nicht zu lang machen zu müssen. Bei der Bestimmung durch *AR*-Differenzen muss man selbstverständlich die brechenden Kanten der Prismen zuvor senkrecht zur Richtung der täglichen Bewegung stellen.

Für Fernröhre mit Uhrwerk wird an Stelle des Spaltes eine Scala angebracht (am vortheilhaftesten helle d. h. durchsichtige Linien auf dunklem, undurchsichtigem Grunde), die gleichzeitig mit dem Spectrum des Sterns sichtbar wird, wenn man sie mit einer davorgehaltenen Lampe erleuchtet. Die Scala graduirt man empirisch durch Messung an hellen Sternen, deren Spectrallinien mit Hülfe grösserer Apparate bestimmt sind. Das am meisten zu empfehlende Maass ist die Wellenlänge.

Bei Anwendung der Scala ist es gleichgültig, welche Lage die brechenden Kanten der Prismen zur Richtung der täglichen Bewegung haben, natürlich wird man den Apparat so stellen, dass man bequem mit der Lampe die Scala erleuchten kann. Da die Uhrwerke an den meisten grösseren Instrumenten jedoch ihren Dienst gewöhnlich schlecht verrichten, dürfte es zu empfehlen sein, die brechenden Kanten parallel der täglichen Bewegung zu stellen; man hat dann während der Messung nur höchstens durch fehlerhafte Aufstellung des Instruments, sowie durch Änderung der Refraction hervorgebrachte Veränderun-

---

auch viel vom Auge des Beobachters ab. Bei meinem Apparate beträgt die Entfernung der Linse *b* vom Brennpunkt *ca* 14.5 mm. —

gen des Winkels, welchen die vom Objectiv kommenden Lichtstrahlen gegen die Prismen machen, zu berücksichtigen, die Schwankungen des Uhrwerks können keinen Einfluss auf die Messungen ausüben. Für den Fall, dass die Röhre *C* nach oben oder unten zu stehen kommt, ist ein kleiner Spiegel vor der Scala anzubringen um die Strahlen der Lampe, die man seitlich hält, auf die Scala zu werfen.

Bei der soeben beschriebenen Stellung des Apparates wäre es sogar möglich, auch ohne Uhrwerk mit Scala zu beobachten, wenn man mit Hülfe des Schlüssels der Bewegung des Sternes folgt.

2.

Ich habe noch einer Veränderung des Apparates zu gedenken, durch welche die Zerstreuung etwas grösser wird. In dieser Form kann der Apparat zur Beobachtung hellerer Sterne dienen. Die Cylinderlinse *a* verbreitert nämlich das fadenförmige Spectrum auf Kosten der Zerstreuung. Ich habe daher den Versuch gemacht, ob man nicht auch ein gutes Spectrum erhalten könne, wenn man anstatt der sphärischen Linse *b* eine cylindrische, von passender Brennweite anbringt, deren cylindrische Axe parallel zur brechenden Kante der Prismen steht und dafür die Cylinderlinse vor dem Auge weglässt. Der Versuch gelang, die Linien in den Spectren wurden bei Anwendung einer Cylinderlinse von 60 ^{mm} Brennweite sehr scharf gesehen, das Spectrum selbst war jedoch — weil es eine beträchtlich grössere Ausdehnung hatte — lichtschwächer, und wie gesagt die Anwendung des Apparats in dieser Form mehr zur Beobachtung hellerer Sterne empfehlenswerth. Spalt oder Scala zum Messen werden, wie vorher, gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen, wenn man nur die Hülse *D* weiter auszieht, da die die Entfernung der deutlichen Sehweite verkürzende Cylinderlinse *a* weggefallen ist.

3.

Der Apparat, wie ich ihn jetzt beschrieben habe, lässt sich nur für Fixsterne und höchstens für solche Planeten, deren scheinbarer Durchmesser sehr gering ist, anwenden, da bei Objecten von grösserer Ausdehnung durch eine Übereinanderlagerung der Spectra ein unscharfes Bild entstehen wird. Ferner können die Messungen nur relative sein, bezogen auf eine Linie

im Spectrum, deren Wellenlänge als bekannt vorauszusetzen ist. Es wird zwar nur in den seltensten Fällen vorkommen, dass man nicht eine der Linien *D*, *b* oder *F* sofort im Spectrum des Sternes erkennen könnte, um aber in einem solchen Falle auch mit Hülfe des kleinen Instruments Gewissheit zu erlangen, und um die Anwendbarkeit desselben auch auf Objecte grösserer Dimensionen auszudehnen, lässt sich noch ein Spalt an der Hülse *B* anbringen, wie Fig. 2 zeigt. Man hat für diesen Fall die sphärische Linse *b* einzusetzen, die Cylinderlinse *a* zu entfernen, die Hülse *D* soweit auszuziehen, dass man ein scharfes Bild von der Scala erhält und nun die Entfernung des Spaltes von der Linse *b* so lange zu variiren, bis bei enger Spaltstellung die Natronlinien in einer mit *NaCl* bestreuten Weingeistflamme, oder die hellen Linien einer leuchtenden *Geissler*'schen Röhre, scharf erscheinen. Der Apparat ist dann einem *Browning*'schen Miniaturspectroskop gleich, nur mit dem Unterschiede, dass die Möglichkeit der gleichzeitigen Sichtbarkeit einer Scala, also der Messung, gegeben ist. Für Fixsterne ist entweder die Cylinderlinse vor dem Auge anzubringen, oder die sphärische Linse *b* durch eine cylindrische zu ersetzen.

Durch den Spalt wird das Licht geschwächt, wie schon Eingangs erwähnt, aber es dürfte wohl kaum vorkommen, dass die Lichtschwächung so gross würde, dass man nicht eine von den, bei der unter 1 beschriebenen Anordnung des Apparates gesehenen Linien, erkennen könnte; die Bestimmung der Wellenlänge nur e i n e r Linie mit Hülfe der Scala genügt aber, um mit der zuerst beschriebenen Einrichtung das Spectrum weiter untersuchen zu können.

Da der Apparat wie ersichtlich eine vielseitige Verwendung finden kann, erlaube ich mir nochmals in Kürze das Gesagte zusammenzufassen, sehe mich jedoch veranlasst besonders hervorzuheben, dass die Hauptbestimmung des Apparates die ist, die Spectra schwacher Sterne zu untersuchen. Für feinere Untersuchungen der Spectra hellerer Sterne, ist bisher der geeignetste Apparat, der in der Einleitung erwähnte zusammengesetzte Spectralapparat mit Spalt, Collimatorlinse und eigenem Fernrohr.

Spectroskop mit Spalt.

a. An einem grösseren Fernrohr angebracht.

Verwendung	Anordnung des Apparats
1. Zur Beobachtung und Untersuchung der Spectra von Objecten grösserer Ausdehnung: Grosse Planeten, Cometen, Nebelflecke. (Auf die Sonne angewandt, wird der Apparat einen guten Überblick über das Sonnenspectrum oder über das Spectrum eines Sonnenflecks gewähren, zu detaillirteren Untersuchungen der Fleckenspectra, der Chromosphäre oder zur Beobachtung von Protuberanzen eignet sich der Apparat, der geringen Zerstreuung wegen, jedoch nicht.)	Cylinderlinse *a* wird entfernt; sphärische Linse *b* eingesetzt. Die Hülse *B* mit daran befindlichem Spalt wird so gestellt, dass sich der Spalt im Brennpunkt des Fernrohrs befindet.
2. Zur Bestimmung der Wellenlänge irgend einer Linie im Spectrum eines Sterns.	Wie unter 1, nur ist an Stelle der sphärischen Linse *b*, eine Cylinderlinse zu setzen, oder bei schwächeren Sternen die sphärische Linse zu lassen, am Ocularende aber die Cylinderlinse *a* anzubringen.

b. ohne Fernrohr.

Verwendung	Anordnung des Apparats
Zur Beobachtung und Untersuchung des Nordlichtes, Zodiakallichtes, des Absorptionsspectrums unserer Atmosphäre, der glühenden Gase in *Geissler*'schen Röhren etc. etc.	Cylinderlinse *a* wird entfernt, sphärische Linse *b* eingesetzt.

Spectroskop ohne Spalt.

An einem grösseren Fernrohr angebracht.

Verwendung	Anordnung des Apparats
1. Zur Untersuchung der Spectra hellerer Fixsterne, Planeten, oder Nebelflecken von geringem scheinbaren Durchmesser.	Cylinderlinse *a* entfernt; an Stelle der sphärischen Linse *b* eine Cylinderlinse angebracht.
2. Zur spectroskopischen Untersuchung sehr schwacher Sterne.	Cylinderlinse *a* eingesetzt, desgl. sphärische Linse *b*.

Anmerkung: Da es nicht nur von Bedeutung ist, die Lage der Banden und Linien in den Spectren zu erkennen und ihre Wellenlängen zu bestimmen, sondern auch aus einer genauen Vergleichung der relativen Intensitäten der einzelnen Farben, wichtige Schlüsse über die Constitution der fernen Sonnen gezogen werden könnten, möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass der beschriebene Apparat, ebenfalls zu derartigen Beobach-

tungen Verwendung finden kann. In einfachster Weise würde das geschehen, indem man an dem seitlich angebrachten Rohre *D*, an Stelle des Spaltes oder der Scala, eine kleine kreisförmige Öffnung, die mit einer matt geschliffenen, durchscheinenden Glasplatte gedeckt wäre, anbrächte, um entweder durch Entfernung der Lichtquelle, oder durch Davorsetzen neutraler Gläser von bekanntem Absorptionsvermögen, die Intensität des Bildes dieser Öffnung, welches gleichzeitig mit dem Spectrum sichtbar wird, messbar zu verändern. Für feinere Messungen, liesse sich an dem seitlichen Rohre eine Vorrichtung anbringen, durch welche das Licht einer möglichst constanten Lichtquelle, wie bei *Zöllner's* Photometer durch Polarisation, beliebig verändert wird.

Beobachtungen.

Um die Anwendbarkeit der oben angegebenen Methode darzuthun, die Lage der Banden in den Spectren durch *AR*-Differenzen zu bestimmen, lasse ich zunächst einige Beobachtungen an den Sternen α Herculis, β Pegasi und R Lyrae folgen, welche am 9. October dieses Jahres ausgeführt worden sind. In den Spectren der drei genannten Sterne liessen sich mehrere dunkle nach dem Violett hin meist sehr scharf begrenzte Banden erkennen, und zwar konnten im Spectrum von α Herculis 9, in den Spectren der beiden anderen Sterne 8 Banden mit Bestimmtheit fixirt werden; ausserdem war noch in jedem Spectrum eine starke Linie im Grün, ganz in der Nähe der *b* Linien, deutlich zu sehen. Die *b* Linien erscheinen bei der schwachen Zerstreuung des Apparats als 2 Linien, indem die beiden nahe stehenden b_2 und b_4 in eine etwas breite Linie zusammenfliessen. Ob die Nickellinie b_3 vorhanden ist, hat bisher auch bei Anwendung starker Zerstreuung, in den Spectren von α Herculis und β Pegasi nicht nachgewiesen werden können, da diese Linie zu nahe an b_4 gelegen ist.

Mit Hülfe eines gewöhnlichen electrischen Registrirapparates, habe ich nun die Antritte der einseitig scharfen Begrenzungen der Banden, oder bei verwaschenem Aussehen, die intensivsten Stellen derselben, an dem gleichzeitig mit dem Spectrum zu sehenden Bild des seitlich angebrachten Spalts (*S* in der Figur) notirt. Der Luftzustand war durchaus ungünstig, dessen ungeachtet stimmen die Beobachtungen bei Weitem besser untereinander überein, als ich erwartet hatte. Ich theile hier die einzelnen Beobachtungen mit, da man so am leichtesten ein Urtheil über die zu erreichende Genauigkeit wird erlangen

können. Der besseren Übersicht wegen, sind die *AR*-Differenzen, alle in Bezug auf eine Linie (Mitte von b_2 und b_4) angegeben worden.

α Herculis.

1—b	2—b	3—b	4—b	5—b	6—b	b—8	b—9	b—10
$5^{\mathrm{s}}05$	$4^{\mathrm{s}}05$	$3^{\mathrm{s}}00$	$2^{\mathrm{s}}10$	$1^{\mathrm{s}}30$	$0^{\mathrm{s}}35$	$1^{\mathrm{s}}05$	$1^{\mathrm{s}}95$	$3^{\mathrm{s}}05$
4.75	4.00	3.00	2.00	1.45	0.40	1.40	2.10	3.30
5.15	4.25	3.15	2.25	1.55	0.25	0.80	1.80	3.35
5.05	4.10	3.05	2.05	1.30	0.20	1.00	2.00	3.15
4.95	4.10	3.05	1.95	1.25	0.30	0.90	1.85	3.25
5.00	4.15	3.05	1.95	1.50	0.25	1.15	1.95	3.00
4.99	3.80	3.00	2.10	1.30	0.25	1.10	2.20	3.18
	4.20	3.25	2.15	1.80	0.25	0.95	2.15	
	4.00	3.05	2.15	1.55	0.25	0.85	2.05	
	4.15	3.25	2.20	1.75	0.30	0.95	2.20	
	4.10	3.15	2.05	1.65	0.25	1.00	1.85	
	4.08	3.09	2.09	1.49	0.28	0.99	2.01	

β Pegasi.

1—b	2—b	3—b	4—b	5—b	6—b	b—8	b—9
$5^{\mathrm{s}}20$	$4^{\mathrm{s}}30$	$3^{\mathrm{s}}20$	$2^{\mathrm{s}}10$	$1^{\mathrm{s}}50$	$0^{\mathrm{s}}45$	$1^{\mathrm{s}}15$	$2^{\mathrm{s}}15$
5.35	4.25	3.20	2.10	1.40	0.35	1.30	2.40
5.25	4.25	3.25	2.25	1.25	0.45	1.45	2.30
5.05	4.35	3.50	2.45	1.55	0.40	1.35	2.50
5.55	4.20	3.00	2.15	1.45	0.25	1.40	2.20
5.05	4.15	3.30	2.30	1.45	0.30	1.35	2.50
5.00	4.50	3.40	2.35	1.70	0.20	1.00	2.34
5.21	4.20	3.45	2.35	1.70	0.25	1.20	
	4.20	3.40	2.30	1.55	0.33	1.00	
	4.27	3.30	2.26	1.51		1.24	

R Lyrae.

1—b	2—b	3—b	4—b	5—b	6—b	b—8	b—9
$6^{\mathrm{s}}50$	$5^{\mathrm{s}}50$	$4^{\mathrm{s}}45$	$3^{\mathrm{s}}15$	$2^{\mathrm{s}}30$	$0^{\mathrm{s}}30$	$1^{\mathrm{s}}50$	$3^{\mathrm{s}}00$
6.50	5.50	4.20	2.70	2.00	0.30	1.30	3.00
6.70	5.30	3.95	2.85	1.95	0.35	1.55	3.05
6.60	5.50	4.15	2.95	2.10	0.25	1.10	2.70
6.50	5.50	4.20	2.90	1.95	0.20	1.25	2.80
6.40	5.30	4.05	2.80	1.95	0.30	1.65	3.15
6.53	5.48	4.17	2.89	2.04	0.28	1.39	2.95

Um die Mittelwerthe direct mit einander vergleichen zu können, müssen dieselben noch mit dem Cosinus der Declination des betreffenden Sterns multiplicirt werden. Dies ausgeführt und für die Mitte der Linien b_2 und b_4, auf welche die Messungen bezogen wurden $10^{\mathrm{s}}00$ angenommen, kommt man zu folgenden Zahlen:

			α Herculis	β Pegasi	R Lyrae
Bande,	dunkelste	Stelle	5ˢ17	5ˢ37	5ˢ28
»	»	»	6.05	6.21	6.08
»		Ende	7.07	7.07	6.99
»		»	7.98	7.99	7.91
»		»	8.56	8.66	8.53
Linie	. . . . .	. .	9.73	9.70	9.80
Bande,		Ende	10.00	10.00	10.00
»		»	10.96	11.11	11.00
»		»	11.95	12.08	12.13
»		»	13.09	—	—

Die ersten beiden Banden sind nach beiden Seiten verwaschen, die erste ist sehr schwer aufzufassen, daher die grösseren Abweichungen. Im Allgemeinen ist die hier erreichte Genauigkeit, wenn es sich um die Untersuchung schwacher Sterne handelt, gewiss befriedigend, auch bin ich überzeugt, dass sich dieselbe bei ruhiger Luft und grösserer Übung in derartigen Beobachtungen, noch viel weiter treiben liesse. Nimmt man nach den oben mitgetheilten Beobachtungen den w. F. eines Antritts zu 0ˢ1 sec. δ an, so würde für das hiesige Fernrohr und den angewandten Spectralapparat sich die Wellen-Länge einer Bande aus einer Beobachtung durchschnittlich bis auf 2.4 Mill. Millim. genau bestimmen lassen (d. i. das 4 fache der Distanz der *Na*-Linien), oder da die Zerstreuung des Apparats für die verschiedenen Farben nicht proportional ihrer Wellenlänge ist:

zwischen	630	und	600	Mill.	Mm.	bis auf	3.5	Mill.	Millm.
»	600	»	550	»	»	» »	2.9	»	»
»	550	»	500	»	»	» »	2.0	»	»
»	500	»	450	»	»	» »	1.7	»	»

Um aus den beobachteten Zeitdifferenzen die Wellenlängen der gemessenen Linien oder Banden zu finden, hätte man nur nöthig durch Beobachtung von hellen Sternen, deren Spectren mit grösseren Apparaten genauer untersucht sind, eine Vergleichung der Scala, welche durch die Zeit dargestellt wird mit den Wellenlängen vorzunehmen und danach eine Reductionstafel zu entwerfen, wie ich das schon oft an anderen Orten näher angegeben habe. Selbstverständlich muss man die Wellenlänge mindestens einer Linie, in einem zu untersuchenden Spectrum kennen, in den oben angeführten Beobachtungen z. B. die Wellenlänge für die *b* Linien. Das Spectrum von R Lyrae ist in Bezug auf die Lage der Banden, wie die Beobachtungen darthun, übereinstimmend mit dem von α Herculis und β Pegasi, im

Anblick nähert es sich mehr dem Spectrum des erstgenannten Sterns.

Ich habe mich in der Folge der Messung durch *AR*-Differenzen nicht bedient, da das hiesige Instrument mit einem vorzüglichen Uhrwerk versehen ist, und die Beobachtungen mit Scala viel bequemer sind. Die Beobachtungen des Spectrums von R Lyrae mit Scala, mit den vorstehenden combinirt, haben zu folgendem Resultate geführt.

Wellen-Länge

649 Intensivste Stelle einer ziemlich dunklen breiten Bande.
618 Intensivste Stelle einer sehr dunklen auffallenden Bande, die vorzüglich nach Roth verwaschen ist.
588 Ende einer dunklen nach Roth verwaschenen Bande.
560 Ende eines zarten breiten Streifens.
545 Linie, die eine Bande nach dem Blau scharf begrenzt.
525 Dunkle Linie.
517 Magnesiumlinien, die eine sehr intensive, nach dem Roth verlaufende Bande begrenzen.
496 Ende eines sehr breiten, sehr dunklen Streifens, der ebenfalls, nach Roth zu, verwaschen ist.
476 Ende einer ziemlich dunklen Bande.

Eine Abbildung des Spectrums ist in Fig. 3 gegeben. Die darüber befindliche Scala entspricht der Scala im Fernrohr.

Mit Hülfe des oben unter 1 beschriebenen Apparats mit Scala sind bis jetzt schon über hundert Sternspectra untersucht worden, ich behalte mir die Mittheilung sämmtlicher Beobachtungen für später vor und theile hier nur einige besonders interessante Beobachtungen mit, hauptsächlich auch um für die Anwendbarkeit des kleinen Instruments, genügende Belege beizubringen.

Stern 5.2ter Grösse, Bonner Durchm. $+8^0$ Nr. 4997: Schjellerup Cat. der Rothen Sterne (A. Nr. 1591) Nr. 266, zeigte ein schönes Spectrum, mit zarten Banden im Grün und Gelb, und eine sehr auffallend breite dunkle Bande im Roth. Die Messungen haben ergeben:

	Wellen-Länge	
	648	Schwache, breite, an den Rändern verschwommene Bande.
	618	Dunkle, breite, besonders nach dem Roth verwaschene Bande.
D	589	Linie, welche eine zarte Bande nach dem Blau begrenzt.
	560	Matter Streifen.
	545	Linie an der nach Blau zu gelegenen Grenze eines zarten Streifens.
b	517	Dunkle Linie, begrenzt eine nach dem Roth verwaschene Bande. Zwischen dieser Linie und der Vorhergehenden (W. L. 545) sind noch mehrere Linien vermuthet worden, darunter eine ziemlich sicher W. L. 525.
	496	Ende eines matten breiten Bandes.

Eine Abbildung des Spectrums ist in Fig. 4 gegeben.

Ich untersuchte ferner drei Sterne, welche etwa gleiche Helligkeit mit dem eben beschriebenen hatten und gleichzeitig mit im Sucher sichtbar waren. Bei dem ersten:

5.5^ter Grösse, *B. D.* + 9° Nr. 5170,

konnte ich nur als breite dunkle Linie *F* erkennen, der nächste:

6.0^ter Grösse, *B. D.* + 7° Nr. 4991

zeigte ebenfalls die *F* Linie, ausserdem wurde *C* vermuthet. Überrascht wurde ich, als ich den dritten Stern:

5.3^ter Grösse, *B. D.* + 7° Nr. 4981

einstellte, der ein ganz prachtvolles Bandenspectrum zeigte. In Fig. 5 ist das Spectrum dargestellt. Die relativen Intensitäten der Banden sind möglichst genau wiedergegeben worden. Die Messung mit der Scala ergab eine Übereinstimmung mit den Banden im Spectrum von α Herculis.

Einen schwachen Stern 8ter Grösse:

B. D. + 22° Nr. 4203

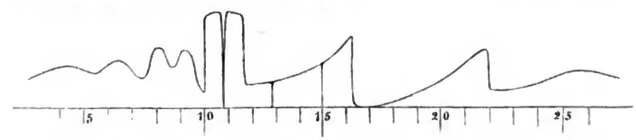
auf dessen Spectrum mich Prof. *d'Arrest* in Kopenhagen aufmerksam gemacht hatte, habe ich an einigen Abenden beobachtet. Das Spectrum ist bei der Schwäche des Sterns auffallend schön, und besonders im Blau und Violett mit einer grossen Anzahl scharf markirter Banden durchzogen. Es ist dasselbe in Fig. 6 mit zu Grundelegung der Messungen dargestellt. Ich habe dabei angenommen, dass die eine Bande im Orange mit *D* zusammenfalle, es muss aber die Richtigkeit dieser Annahme vorläufig dahin gestellt bleiben, bis es gelingt, die Wellen-Länge einer der Banden bestimmen zu können. Die Entfernung der einzelnen Banden in Theilen der Scala ist so genau als möglich richtig, und stimmt das Spectrum mit der gemachten Annahme

ganz gut mit den Spectren der meisten rothen Sterne überein, nur sind in den Spectren dieser Sterne die brechbareren Theile des Spectrums meist so schwach, dass man darin nur zwei, höchstens drei Banden erkennen kann, während hier fünf Banden recht gut zu sehen waren.

Gänzlich abweichend von dem soeben beschriebenen Spectrum ist das eines Sternes 6.2ter Grösse

B. D. + 2° Nr. 4709, Schjell. Nr. 273.

Während bei den früher beobachteten Sternen die Banden in den Spectren alle nach dem Roth verwaschen, und nach dem Violett mehr oder weniger scharf begrenzt erschienen, ist hier bei drei Banden das Gegentheil der Fall, sie sind scharf nach dem Roth begrenzt und verlaufen ganz allmälig nach dem Violett. Ich habe das vorzüglich schöne Spectrum dieses Sterns an vielen Abenden beobachtet und möglichst genau zu zeichnen versucht, es ist in Fig. 7 wiedergegeben. Die nebenstehende Skizze stellt die auffallenden Intensitätsunterschiede graphisch dar, ein S t e i g e n der Curve deutet auf eine g r ö s s e r e H e l l i g k e i t, die Zahlen geben die Theile der Scala.



Mit Hülfe des früher[1]) beschriebenen grösseren Spectralapparats habe ich am 29. October versucht, die Wellenlängen wenigstens der intensivsten Banden zu bestimmen, im Mittel aus mehreren Beobachtungen ergab sich:

Schraube	Wellen-Länge	
5.77	592.5	Intensivste Stelle einer nach Roth verwaschenen Bande.
6.83	563.9	Anfang einer nach Violett verwaschenen Bande.
9.17	515.0	Anfang einer sehr intensiven nach Violett allmälig verlaufenden Bande.
12.04	472.9	Anfang einer ziemlich dunklen Bande.

Das Spectrum hatte bei der starken Zerstreuung ein fades Aussehen, die in dem kleinen Spectroskop so brillante Partie

1) Bothk. Beobacht. Heft 1 pg. 11 u. f.

zwischen 10 und 12 Sclth., war so matt, dass die dort befindliche isolirte dunkle Linie sich nicht bestimmt fixiren liess.

Mit Hülfe dieser Messungen sind die Wellenlängen für die im kleinen Spectroskop mittelst der Scala bestimmten Linien und Banden wie folgt gefunden worden:

Wellen-Länge	
656	Breite verwaschene Bande, schwer zu bestimmen.
622	Breite dunkle Bande, nach beiden Seiten, aber vorzüglich nach Roth verwaschen.
606.5	Mitte eines Streifens.
589	Ende eines nach Roth allmälig an Intensität abnehmenden Streifens.
578	Dunkle Linie.
564	Anfang einer allmälig nach dem Violett hin verlaufenden Bande.
552	Linie.
529	Linie.
516	Anfang der dunkelsten, ebenfalls nach dem Violett verlaufenden Bande.
472	Anfang einer dunklen, nach dem Violett verlaufenden Bande.

Es dürfte noch hervorzuheben sein, dass die drei nach dem Violett allmälig verlaufenden dunklen Banden in diesem Sternspectrum, innerhalb der Grenzen der Genauigkeit der obigen Messungen, mit den hellen, nach Roth scharf abgegrenzten Lichtbändern übereinstimmen, aus welchen nach den Beobachtungen von *Huggins* das Spectrum des Cometen II 1868 und nach meinen Beobachtungen das des Cometen der am 20. August 1873 von *Henry* entdeckt worden ist, bestand, welche wiederum mit den Banden im Kohlenstoffspectrum zusammenzufallen scheinen.

	Rother Stern	Comet *Henry*[1]	Kohlenstoff (*Watts* Index of Spectra p. 18)
Anfang einer Bande W. L.	564	562.6	563.2
» » » »	516	517.2	517.0
» » » »	472	472.7	473.4

Mit grosser Bestimmtheit hat *Secchi* schon eine derartige Vermuthung bei den Spectren der Sterne seines 4. Typus ausgesprochen, ohne jedoch durch genaue Messungen genügende Belege dafür beizubringen.

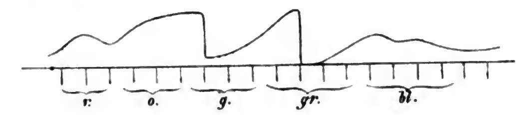
1) Die hier angegebenen Wellenlängen sind Mittelwerthe aus den von mir in den Astr. Nchr. Nr. 1958 und Nr. 1963 mitgetheilten Beobachtungen.

Ebenfalls ein ganz merkwürdiges Spectrum zeigte ein Stern 7.8ter Grösse

Lalande 35614, *Schmidt* Verzeichniss rothgelber Sterne (Astr. Nr. 1902) Nr. 126.

Schmidt bezeichnet ihn als »glühend feuerroth« und in der That ist die Bezeichnung der Farbe zutreffend. Das Spectrum zeichnet sich durch seine überaus geringe Ausdehnung aus. Blau und Violett sind fast vollständig absorbirt, nur Grün, Gelb und Roth sind gut zu erkennen. Die beiden erst genannten Farben sind aber durch breite einseitig nach dem Roth scharf abgegrenzte Absorptionsstreifen in ihrer Ausdehnung sehr reducirt, im Roth ist eine schwache verschwommene Bande zu erkennen wie es in Fig. 8 dargestellt ist. Die Entfernung des Anfangs der stärksten im Grün gelegenen Bande des Spectrums von dem der Bande im Gelb betrug 4 Scalentheile, die Mitte der Bande im Roth ist 8 Sclth. und eine matte Bande im Blau 3 bis 4 Sclth. von dem Anfang der intensivsten Bande im Grün entfernt. Bis jetzt ist es mir nicht gelungen die Wellenlänge einer der Banden zu bestimmen, die aus der Abbildung ersichtliche Coincidenz der Bande im Grün mit der in dem Spectrum des vorher beschriebenen und in Fig. 7 abgebildeten Sternspectrums ist nur eine vermuthete.

Beistehende Figur gibt eine graphische Darstellung der relativen Intensitäten der verschiedenen Theile des Spectrums, die Scalentheile sind hier wegen der soeben hervorgehobenen Unsicherheit unbeziffert gelassen worden, die Buchstaben deuten die Farben an.



Ich theile zum Schluss noch mit, dass mit Hülfe des kleinen Spectroskops die hellen Linien in β Lyrae, die, wie meine Beobachtungen im Jahre 1872[1] darthun, zu mancher Zeit sehr schwer sichtbar zu sein scheinen, an einigen Abenden gut gesehen worden sind:

---

1) Bothk. Beob. Heft II. pg. 29.

October 9, D_3 brillant aufleuchtend, F gut zu sehen.
» 16, D_3 sowohl als F zeitweilig aufblitzend.
» 26, D_3 gut zu sehen, F zuweilen sichtbar.

Ferner ist Algol (β Persei) am 10. November zur Zeit des Minimums beobachtet worden. Beobachtungen, die ich schon früher mit dem stärker zerstreuenden Sternspectroskop angestellt habe, in der Absicht etwa auftretende Veränderungen des Spectrums bei der Abnahme des Lichtes zu finden. Die Beobachtungen waren erfolglos und hielt ich es deshalb für wichtig, diese Beobachtungen mit dem lichtstärkeren Apparate zu wiederholen, durch welchen sich sicher selbst sehr geringe Veränderungen des Spectrums kundgeben würden. Es hat jedoch während der Ab- und Zunahme des Lichtes auch mit diesem Apparate nicht die geringste Änderung des Spectrums constatirt werden können. Es treten keine Banden oder neue Linien auf, auch scheinen, soweit man sich auf Schätzungen mit dem Auge verlassen kann, die relativen Intensitäten der einzelnen Farben vollkommen unverändert zu bleiben. An diesen Beobachtungen betheiligte sich Dr. *Lohse*, dessen Wahrnehmungen mit den meinigen durchaus übereinstimmten.

Meines Dafürhaltens scheint hiermit für Algol die Hypothese, dass durch das zeitweilige Davortreten eines dunklen Begleiters die Abschwächung des Lichtes hervorgebracht werde, gegenüber der Annahme, dass die Verdunklung durch Sonnenflecken ähnliche Abkühlungsprodukte, welche auf dem rotirenden leuchtenden Körper sich vorzugsweise auf einer Seite angehäuft hätten, zu erklären sei, den Vorzug zu verdienen. Irgend welche Veränderung, wie wir sie in den Spectren der Sonnenflecken beobachten, zum mindesten eine Änderung der relativen Intensitäten der Farben, hätten sich zur Befestigung der zweitgenannten Hypothese zeigen müssen. Photometrische Untersuchungen, die ich vor einigen Jahren längere Zeit hindurch an Algol angestellt habe, die jedoch noch nicht ganz zum Abschluss gelangt sind, haben mich ebenfalls sehr darin bestärkt, dass Algol einen dunklen Begleiter besitzt.

Da die Grösse eines solchen dem des leuchtenden Körpers ziemlich nahe kommen müsste, um eine Abschwächung des Lichtes von nahe zwei Grössenklassen hervorzubringen, dürfte es wahrscheinlich sein, dass der gemeinsame Schwerpunkt des Sternpaares ausserhalb des hellen Sterns gelegen wäre und dass

derselbe, bei seiner Bewegung um diesen Schwerpunkt eine so beträchtliche Geschwindigkeit besässe, dass zu Zeiten, wo die im Visionsradius gelegene Componente der Bewegung ein Maximum erreicht, dieselbe durch spectroskopische Beobachtungen erkannt werden könnte. Ich hielt es daher für nicht unwichtig am nächsten Abend Algol auf Bewegung zu untersuchen. Die zahlreichen Versuche haben zu dem Resultate geführt, dass entweder eine vollständige Coincidenz oder nach Dr. *Lohse's* Wahrnehmung eine äusserst geringe Verschiebung nach dem Roth statthatte, deren Betrag 3 Meilen in der Secunde sicher nicht übertraf. Zur Zeit der Beobachtung betrug die im Visionsradius gelegene Componente der Erdbewegung 0.35 Meilen und zwar bewegte sich die Erde auf Algol zu. Die Coincidenz zwischen der *F* Linie im Stern und der Wasserstofflinie würde daher auf eine Bewegung des Sterns von der Sonne weg, von 0.35 Meilen schliessen lassen, bei Annahme einer kleinen Verschiebung nach Roth würde die Bewegung des Sterns von der Sonne höchstens 2—3 Meilen betragen. Hiernach scheint es als ob beträchtlichere Geschwindigkeiten, im Vergleich zu den bekannten kosmischen nicht vorhanden seien, und würde es dann bei der Kleinheit der zu bestimmenden Grössen nur durch eine sehr grosse Anzahl von Beobachtungen möglich werden, den Einfluss einer Bewegung des Sternes im Weltenraume von der etwa stattfindenden Bahnbewegung zu trennen. Ich gedenke derartige Versuche, so oft sich günstige Gelegenheit bietet, anzustellen.

Bothkamp 1873, Dec. 5.

Nachtrag.

Während des Druckes der vorstehenden Abhandlung ist es mir möglich gewesen, die interessanten Spectra von den drei schwachen Sternen im Schwan zu untersuchen, auf welche bereits *Wolf* und *Rayet* aufmerksam gemacht haben. Es sind dies folgende Sterne:

Bonner Durchmusterung.

1	$+35^0$	Nr. 4001	8.5ter Grösse	$\alpha = 20^h$	5^m	31^s	$\delta = +35^0\ 49'.5$	(1875)
2	$+35^0$	» 4013	8.0	20	7	12	$+35\ 49.6$	
3	$+36^0$	» 3956	8.0	20	9	51	$+36\ 16.8$	

Wolf und *Rayet*[1]) berichten über die verhältnissmässig leichte Sichtbarkeit der hellen Linien, welche in den schwachen Spectren dieser Sterne erscheinen. Ihre Beobachtungen haben, wie mir scheinen will, nicht die genügende Beachtung gefunden. Sternspectra mit hellen Linien gehören immer noch zu den Seltenheiten, in β Lyrae und γ Cassiopejae sind helle Linien nur unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen zu erkennen, während bei den oben genannten Sternen die hellen Linien sich von dem schwachen continuirlichen Spectrum so stark abheben, dass man sie selbst bei ungünstigem Luftzustande sofort erkennt. Während in den Spectren von β Lyrae und γ Cassiopejae eine Linie im Gelb, die, wie ich durch Messungen an β Lyrae nachweisen konnte, mit grosser Wahrscheinlichkeit mit D_3 zusammenfällt[2]), ferner die Wasserstofflinie Hβ und bei β Lyrae auch Hγ, hell erscheint, zeigen die Spectra der drei Sterne im Schwan Linien, die, wie die Messungen ergeben haben, weder mit D_3 noch mit den Wasserstofflinien coincidiren. Die Spectra dieser Sterne sind bisher einzig in ihrer Art.

Wolf und *Rayet* haben versucht die Linien im Spectrum des zweiten der oben aufgeführten Sterne ihrer Lage nach zu bestimmen. Mir gelang es nicht nur bei diesem Sterne, sondern auch bei den beiden anderen, verhältnissmässig genaue Messungen auszuführen, und mit Hülfe des oben beschriebenen Spectralapparates mehr Detail zu erkennen, als es den ersten Beobachtern möglich war. Ehe ich zur Mittheilung meiner Beobachtungen übergehe, lasse ich im Auszug die Untersuchungen von *Wolf* und *Rayet* folgen.

. . . . . »Ces étoiles ne présentent non plus aucune trace de nébulosité. Mais elles se distinguent immédiatement de leurs voisines par leur teinte jaune: la première est franchement jaune, la deuxième jaune orangé, la troisième jaune verdâtre.

Leur spectre se compose d'un fond éclairé dont les couleurs sont à peine visibles, et qui paraît manquer de rouge et de violet, sans doute à cause de la faiblesse de la lumière. Ce fond semble interrompu par des lignes noires, mais il est impossible

---

1) Comptes Rendus T. LXV pg. 292.

2) diese Berichte Dec. 12 1871, pg. 641. Bothk. Beob. Heft I pg. 33.

de l'affirmer, et à plus forte raison d'assigner la position de ces lignes. Tous trois présentent une série de lignes brillantes.

Le plus beau spectre est celui de la deuxième étoile. Il possède quatre lignes lumineuses, dont nous avons pu déterminer les positions par rapport aux raies spectre solaire. Voici en parties du micromètre ces positions relatives.

Raies solaires	0^p (D)	»	»	»	406 (b)	675 (F)	»	1363 (G)
Lignes brillantes	»	45^p (γ)	92 (β)	282 (δ)	»	»	874 (α)	»

La ligne α est très-large et très-vives; β et γ, très-voisines l'une de l'autre dans le jaune orangé, sont belles encore; δ est extrêmement pâle, et visible seulement par moment. La ligne β est suivie d'un espace obscure, un autre espace très-sombre précède α.

On retrouve dans le spectre de la première étoiles les deux lignes α et δ, la première très-brillante, l'autre située dans le jaune, beaucoup plus belle que dans l'étoile précédente. Le fond s'étend plus loin du côté du violet, mais il se termine plus-tôt du côté du rouge.

Enfin, la dernière des trois étoiles ne présente bien visible que la raie α, ici encore bien lumineuse; on y soupçonne aussi la raie δ.

L'identification des lignes lumineuses de ces étoiles avec celles des spectres des gaz incandescents nous a été impossible . . . . . Aucun des métaux alcalins ne donne de lignes situées comme celles de nos étoiles. La ligne bleue de la strontiane est à 936.

L'absence de deux au moins des quatre lignes brillantes dans deux de nos étoiles, la variation considérable d'éclat de la ligne δ d'un spectre à l'autre, tandis que α reste toujours très-vive, porte à faire admettre que cette dernière est l'indice de la présence d'un gaz incandescent particulier, commun aux trois astres, les autre lignes plus faibles caractérisant la présence de deux autres gaz; à moins que la différence de température ne soit suffisante pour expliquer des dissemblances aussi considérables des spectres . . . . . . Il est remarquable que nos trois étoiles se trouvent dans la même région du ciel, et très-voisines les unes des autres«.

Meine Beobachtungen sind am 6., 17., 24. und 28. December angestellt.

Im Spectrum des ersten Sternes (+ 35° 4001) sind 4 helle Linien beobachtet worden, für welche im Mittel aus einer sehr grossen Anzahl von Beobachtungen sich folgende Wellenlängen ergeben haben:

579.5 Sehr schwache Linie.
567.5 Nur zeitweilig sichtbar.
536 Sehr helle Linie.
468 Linie, sehr hell und sehr breit, etwas verwaschen nach dem Violett.

Das Spectrum lässt sich nach dem violetten Ende nur wenig über die helle breite Linie hinaus verfolgen, nach dem rothen Ende ebenfalls nur wenig über die schwache Linie an der Grenze des Orange und Gelb. Im Gelb ist eine dunkle Bande (W. L. 560:) gelegen, ebenso eine breite dunkle Bande im Blau kurz vor der dort befindlichen hellen breiten Linie.

Die unten befindliche Intensitätscurve lässt noch feinere beobachtete Unterschiede in Bezug auf die Helligkeit einzelner Theile des Spectrums erkennen.

Im Spectrum des zweiten Sterns (+ 35° 4013) sind die 4 hellen Linien am leichtesten zu erkennen, die Intensitätsverhältnisse der Linien, so wie auch die der verschiedenen Theile des continuirlichen Spectrums sind andere, als bei dem soeben beschriebenen Spectrum des ersten Sternes (man sehe die Intensitätscurve 2).

Aus wiederum sehr zahlreichen Beobachtungen sind die Wellenlängen der hellen Linien und eines auffallenden dunklen Bandes abgeleitet worden.

580.5 Sehr helle Linie, breiter als die Folgende.
568 Sehr helle Linie.
559 Mitte einer dunklen Bande (von 565 bis 554).
536 Schwache Linie.
467 Mitte eines hellen Streifens (von 469 bis 466).

Noch eine dunkle Bande liegt vor der hellen Linie oder dem hellen Streifen im Blau, auch scheinen ausserdem in diesem Spectrum noch einige helle Linien zu sein, so wurde wiederholt eine solche von der Wellenlänge 517.5 Mill. Mm. vermuthet. Nach dem rothen Ende erstreckt sich das Spectrum nicht viel über die erste Linie hinaus, nach dem Blau scheint es sich etwas weiter über die brechbarste helle Linie fortzusetzen, als es in dem Spectrum des vorigen Sterns der Fall war.

Bei dem dritten Stern (+ 36° 3956) scheint das Spec-

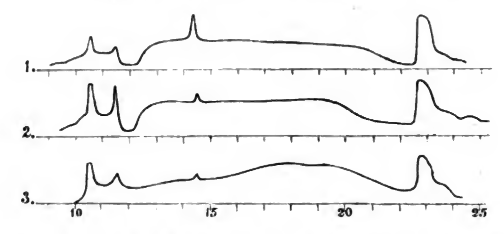
trum nach dem rothen Ende durch die erste Linie begrenzt zu sein, nach dem anderen Ende erstreckt es sich nur sehr wenig über die Linie im Blau hinaus. Die Messungen ergaben:

580.5 Recht gut sichtbare Linie.
567 Schwach.
538 Nur zeitweilig sichtbar.
467.5 Hell und breit, verhältnissmässig nicht so auffallend als in den anderen Sternen.

Die dunkle Bande im Gelb, die besonders bei dem zweiten Stern sehr auffallend war, scheint hier nicht vorhanden zu sein.

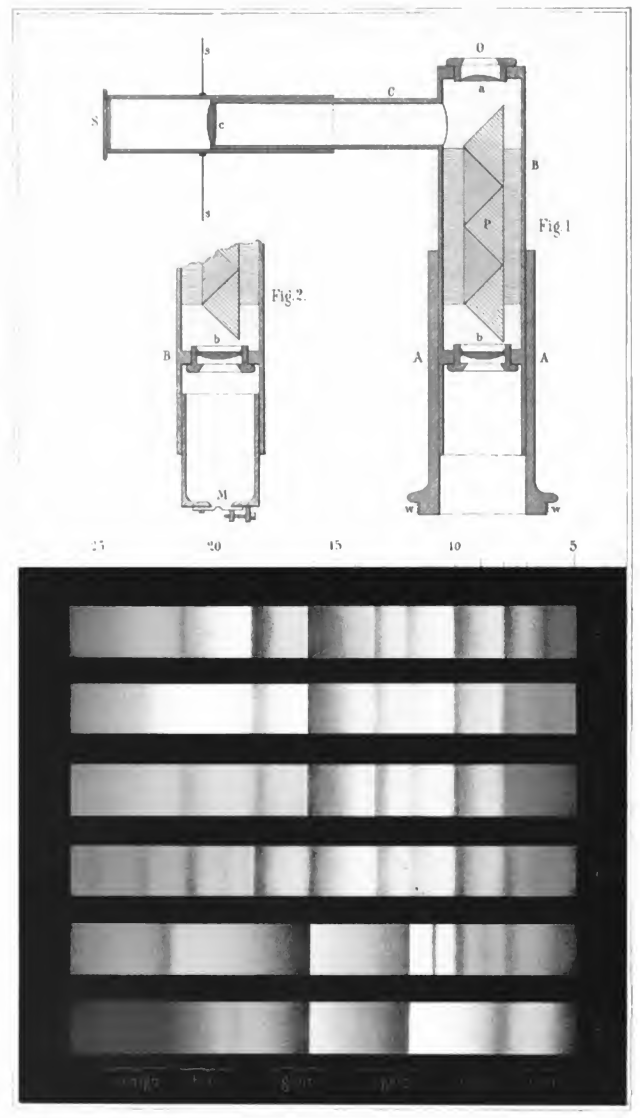
Die Farbe der drei Sterne ist schwer zu bestimmen, die beiden ersten erschienen gelblich, der letzte weisslich gelb.

Intensitätscurven der Sterne.



Die Spectra der drei Sterne zeigen nach den obigen Beobachtungen zweifellos eine Uebereinstimmung in Bezug auf die Lage der hellen Linien; die Abweichungen in den Angaben der Wellenlängen sind nicht beträchtlicher, als man es bei so schwierigen Messungen erwarten kann. Der Unterschied besteht nur in Intensitätsverschiedenheiten, sowohl der Linien, als auch einzelner Partien des continuirlichen Spectrums. Die Annahme welche *Wolf* und *Rayet* aus ihren Beobachtungen ziehen, dass die 4 Linien in dem zweiten Sterne den Spectren zweier verschiedener Gase angehören, da in den beiden anderen Sternen die zwei Linien im Gelb fehlten, ist man nach meinen Beobachtungen nicht mehr aufrecht zu erhalten berechtigt, da ich die 4 Linien in dem Spectrum eines jeden der drei Sterne erkennen konnte.

Es ist mir übrigens sehr auffallend, dass die früheren Beobachter die Linien im Gelb, wenigstens im Spectrum des



Berichte d. K. S. Gesell. d. Wiss.
Zur Abhandlung von H. C. Vogel.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

dritten Sterns nicht gesehen haben, da sie dort viel leichter sichtbar sind als die Linie im Grün (W. L. 536 Mill. Mm.) im Spectrum dieses Sterns, oder als die letztgenannte Linie im Spectrum des zweiten Sterns.

Ich habe schliesslich noch aus den oben mitgetheilten Beobachtungen von *Wolf* und *Rayet* auf graphischem Wege die Wellenlängen der 4 Linien im Spectrum des zweiten Sterns abgeleitet und finde in vorzüglicher Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen folgende Werthe:

578 Mill. Mm.
569 » »
536 » »
467 » »

Bothkamp 1874, Jan. 18. H. C. Vogel.

W. Scheibner, *Ueber Mittelwerthe.* Auszug aus einem an Herrn Prof. *Fechner* gerichteten Schreiben.

In Betreff des Verhältnisses zwischen dem arithmetischen und geometrischen Mittel bin ich auf folgende Ueberlegungen gekommen, die ich mir erlaube Ihrer Prüfung zu unterbreiten.

Sei μ ein zunächst noch unbestimmter Mittelwerth aus einer Anzahl von Beobachtungswerthen $a_1\ a_2\ .\ .\ .\ a_m$, und nach dem binomischen Satze

$$(x-\mu)^m = x^m - m_1\mu x^{m-1} + m_2\mu^2 x^{m-2} - m_3\mu^3 x^{m-3} \ldots \pm \mu^m$$

so können die durch die Gleichung

$$(x-a_1)(x-a_2)(x-a_3)\ .\ .\ .\ (x-a_m) =$$
$$x^m - m_1\mu_1 x^{m-1} + m_2\mu_2^2 x^{m-2} - m_3\mu_3^3 x^{m-3}\ .\ .\ .\ \pm \mu_m^m$$

definirten Grössen $\mu_1\ \mu_2\ \mu_3\ .\ .\ .\ \mu_m$ als eben so viele empirische Mittelwerthe betrachtet werden, und namentlich wird μ_1 dem arithmetischen, μ_m dem geometrischen Mittel aus den Werthen a gleich. Der Quotient $\mu_m^m : \mu_{m-1}^{m-1}$ fällt mit dem sogenannten harmonischen Mittel zusammen.

Nennt man $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ .\ .\ .\ \alpha_m$ die Störungen oder Abweichungen der Beobachtungen vom wahren Mittel und setzt demnach

$$\mu - a_1 = \alpha_1\ \ ,\ \ \mu - a_2 = \alpha_2\ \ ,\ \ \mu - a_3 = \alpha_3\ .\ .\ .\ \mu - a_m = \alpha_m\ ,$$

so wird

$$(x-a_1)(x-a_2)(x-a_3)\ldots(x-a_m) =$$
$$= (x-\mu+\alpha_1)(x-\mu+\alpha_2)\ldots(x-\mu+\alpha_m)$$
$$= (x-\mu)^m + p_1(x-\mu)^{m-1} + p_2(x-\mu)^{m-2}\ldots + p_m$$

wo $p_1\ p_2\ p_3\ .\ .\ .\ p_m$ die bekannten symmetrischen Summen $\Sigma\alpha_1$, $\Sigma\alpha_1\alpha_2$, $\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3$, $\ldots\Sigma\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_m$ bezeichnen. Entwickelt man nach den Potenzen von x, so folgt

$$
\begin{aligned}
x^m - m_1\mu_1 x^{m-1} + m_2\mu_2^2 x^{m-2} - m_3\mu_3^3 x^{m-3} \pm \ldots \\
= x^m - m_1 \mu x^{m-1} + m_2\mu^2 x^{m-2} - m_3\mu^3 x^{m-3} \ldots \\
+ p_1 x^{m-1} - (m-1)_1 p_1 \mu x^{m-2} + (m-1)_2 p_1 \mu^2 x^{m-3} \ldots \\
+ p_2 x^{m-2} - (m-2)_1 p_2 \mu x^{m-3} \ldots \\
+ p_3 x^{m-3} \ldots
\end{aligned}
$$

und durch Gleichsetzung der Coefficienten:

$$
\begin{aligned}
\mu_1 &= \mu \left(1 - \frac{p_1}{m_1 \mu}\right) \\
\mu_2^2 &= \mu^2 \left(1 - \frac{(m-1)_1}{m_2} \frac{p_1}{\mu} + \frac{p_2}{m_2 \mu^2}\right) \\
\mu_3^3 &= \mu^3 \left(1 - \frac{(m-1)_2}{m_3} \frac{p_1}{\mu} + \frac{(m-2)_1}{m_3} \frac{p_2}{\mu^2} - \frac{p_3}{m_3 \mu^3}\right) \\
&\text{etc.}
\end{aligned}
$$

Wenn $\mu = \mu_1$, so wird $p_1 = 0$ und wegen

$$
\begin{aligned}
p_1^2 &= \Sigma\alpha_1^2 + 2\Sigma\alpha_1\alpha_2 = \Sigma\alpha_1^2 + 2p_2 \\
p_2 &= -\frac{1}{2}\Sigma\alpha_1^2 = -\frac{m}{2}\varepsilon_2^2 ,
\end{aligned}
$$

wo ε_2 den mittleren quadratischen Fehler bedeutet. Hiermit erhält man die Reihe von Gleichungen

$$
\begin{aligned}
\mu_1 &= \mu \\
\mu_2^2 &= \mu^2 \left(1 - \frac{1}{m-1} \frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right) \\
\mu_3^3 &= \mu^3 \left(1 - \frac{3}{m-1} \frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{1.2.3}{m.m-1.m-2} \frac{p_3}{\mu^3}\right) \\
\mu_4^4 &= \mu^4 \left(1 - \frac{6}{m-1} \frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{2.3.4}{m.m-1.m-2} \frac{p_3}{\mu^3} + \frac{1.2.3.4}{m.m-1.m-2.m-3} \frac{p_4}{\mu^4}\right)
\end{aligned}
$$

u. s. w. allgemein

$$
\mu_i^i = \mu^i \left(1 - \frac{i.i-1}{2.m-1} \frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{i.i-1.i-2}{m.m-1.m-2} \frac{p_3}{\mu^3} + \right.
\left. + \frac{i.i-1.i-2.i-3}{m.m-1.m-2.m-3} \frac{p_4}{\mu^4} \mp \ldots\right)
$$

Die Wurzelausziehung ergibt

$$
\mu_i = \mu \left\{1 - \frac{i-1}{2.m-1} \frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{i-1.i-2}{m.m-1.m-2} \frac{p_3}{\mu^3} + \right.
\left. + \left(\frac{i-1.i-2.i-3}{m.m-1.m-2.m-3} p_4 - \frac{(i-1)^3}{8(m-1)^2} \varepsilon^4\right) \frac{1}{\mu^4} \ldots\right\}
$$

oder mit Vernachlässigung der durch $\mu^3\ \mu^4$ . . multiplicirten Glieder:

$$\mu_1 = \mu$$

$$\mu_2 = \mu\left(1 - \frac{1}{2 \cdot m-1}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right)$$

$$\mu_3 = \mu\left(1 - \frac{1}{m-1}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right)$$

$$\mu_4 = \mu\left(1 - \frac{3}{2 \cdot m-1}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right)$$

$$\cdot\ \cdot\ \cdot$$

$$\mu_{m-1} = \mu\left(1 - \frac{m-2}{2 \cdot m-1}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right)$$

$$\mu_m = \mu\left(1 - \frac{1}{2}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2}\right).$$

Für das harmonische Mittel endlich erhält man

$$\frac{\mu_m^m}{\mu_{m-1}^{m-1}} = \mu\,\frac{1 - \frac{m}{2}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{p_3}{\mu^3} + \frac{p_4}{\mu^4} \mp \cdot\cdot}{1 - \frac{m-2}{2}\frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{m-3}{m}\frac{p_3}{\mu^3} + \frac{m-4}{m}\frac{p_4}{\mu^4} \mp \cdots}$$

$$= \mu\left\{1 - \frac{\varepsilon^2}{\mu^2} - \frac{3p_3}{m\mu^3} + \left(\frac{4}{m}p_1 - \left(\frac{m}{2} - 1\right)\varepsilon^4\right) \cdot\cdot\right\},$$

so dass also die Correction des harmonischen Mittels ungefähr doppelt so gross ist, als die des geometrischen, wenn beide aus dem arithmetischen Mittel hergeleitet werden sollen.

Gotha, 28. December 1861.

Nachschrift.

In Veranlassung Ihres gütigen Schreibens habe ich die späteren Glieder der Ihnen früher mitgetheilten Ausdrücke untersucht. Will man die gegebenen Entwickelungen nach den absteigenden Potenzen von μ weiter fortsetzen, so wird sich die Einführung der mittleren cubischen, biquadratischen . . . Fehler an Stelle der symmetrischen Summen p_i empfehlen. Setzt man demgemäss

$$m\varepsilon_i^i = \Sigma\alpha^i,$$

so ergeben die bekannten *Newton*'schen Formeln

$$p_i = \frac{m}{i}\left\{p_{i-1}\varepsilon_1 - p_{i-2}\varepsilon_2^2 + p_{i-3}\varepsilon_3^3 \cdots \pm p_1\varepsilon_{i-1}^{i-1} \mp \varepsilon_i^i\right\}.$$

Da nun allgemein

$$\mu_i^i = \mu^i \left\{1 - \frac{i}{m}\frac{p_1}{\mu} + \frac{i.i-1}{m.m-1}\frac{p_2}{\mu^2} - \frac{i.i-1.i-2}{m.m-1.m-2}\frac{p_3}{\mu^3} \pm \ldots\right\}$$

gefunden worden, so lassen sich hier ohne Schwierigkeit die erforderlichen Substitutionen und Wurzelausziehungen ausführen.

Man kommt indessen in Bezug auf das geometrische und harmonische Mittel kürzer auf folgendem Wege zum Ziel. Aus

$$\mu_m^m = a_1 a_2 \ldots a_m = \Pi(\mu - \alpha_i)$$

folgt sogleich

$$m \lg \mu_m = m \lg \mu + \Sigma \lg \left(1 - \frac{\alpha_i}{\mu}\right)$$

und durch Reihenentwickelung

$$\lg \mu_m = \lg \mu - \frac{1}{m}\left\{\frac{\Sigma\alpha}{\mu} + \frac{\Sigma\alpha^2}{2\mu^2} + \frac{\Sigma\alpha^3}{3\mu^3} + \frac{\Sigma\alpha^4}{4\mu^4} + \ldots\right\}.$$

Mithin wird

$$\mu_m = \mu e^{-\frac{\varepsilon_1}{\mu} - \frac{\varepsilon_2^2}{2\mu^2} - \frac{\varepsilon_3^3}{3\mu^3} - \frac{\varepsilon_4^4}{4\mu^4} \ldots}$$

wo $e = 2.71828$ die Basis der natürlichen Logarithmen bezeichnet.

Analog erhält man für das harmonische Mittel

$$\frac{\mu_m^m}{\mu_{m-1}^{m-1}} = \frac{m}{\Sigma \frac{1}{\mu - \alpha_i}}$$

$$= \frac{m\mu}{\Sigma\left\{1 + \frac{\alpha}{\mu} + \frac{\alpha^2}{\mu^2} + \frac{\alpha^3}{\mu^3} + \ldots\right\}}$$

$$= \frac{\mu}{1 + \frac{\varepsilon_1}{\mu} + \frac{\varepsilon_2^2}{\mu^2} + \frac{\varepsilon_3^3}{\mu^3} + \ldots}$$

In den beiden entwickelten Ausdrücken kommt also die Zahl m der Beobachtungen explicite gar nicht vor. Ich bemerke noch, dass die mittleren Fehler der verschiedenen ungeraden Ordnungen stets mit Rücksicht auf die Vorzeichen der einzelnen Abweichungen von μ berechnet werden müssen. Im Uebrigen bedeutet μ einen beliebig gewählten Mittelwerth, und nur wenn μ das arithmetische Mittel bezeichnen soll, ist $\varepsilon_1 = 0$ zu setzen.

Selbstverständlich setzen die vorhergehenden Entwickelungen stillschweigend voraus, dass die benutzten Reihenentwickelungen hinreichend rasche Convergenz besitzen, mit anderen Worten, dass das Mittel μ die Abweichungen α an Grösse beträchtlich übertrifft. Die logarithmische Reihe würde sogar divergiren und dadurch selbst theoretisch ihre Anwendbarkeit verlieren, wenn das Quadrat eines einzigen α den Werth von μ^2 überstiege. In den Fällen, wo die Convergenz gar nicht oder für die numerische Rechnung nicht stark genug stattfindet, wird man sich häufig dadurch helfen können, dass man den Nullpunkt der Beobachtungswerthe a verschiebt, mit anderen Worten, dieselben um eine Constante ändert, welche dann auch dem wahren Mittel μ hinzugefügt werden muss, während die α ungeändert bleiben. Die früher so genannten empirischen Mittelwerthe werden dadurch freilich, mit Ausnahme des arithmetischen Mittels μ_1, für welches die nämliche Modification eintritt, in complicirterer Weise afficirt.

Es sei mir gestattet, hierbei noch auf einen eigenthümlichen Umstand aufmerksam zu machen, der zeigt, wie vorsichtig man bei Anwendung von Resultaten der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu verfahren hat. Wenn insbesondere die Abweichungen vom Mittel das Gesetz der Beobachtungsfehler befolgen, so wird man nach Ihrer eigenen Bemerkung, unter Voraussetzung einer hinlänglich grossen Anzahl m von Beobachtungen, für den wahrscheinlichsten Werth von ε_n^n den Ausdruck

$$\frac{h}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} t^n e^{-h^2t^2}dt$$

setzen dürfen. Dieses Integral verschwindet für ungerade Werthe von n, während für ein gerades $n = 2\nu$

$$\varepsilon_n^n = \frac{2h}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\infty} t^{2\nu} e^{-h^2t^2}dt = \frac{1.3.5\ldots 2\nu-1}{2^\nu h^{2\nu}}.$$

Da aber für $n = 2$ $\varepsilon_2^2 = \frac{1}{2h^2}$ wird, so erhält man

$$\varepsilon_{2\nu}^{2\nu} = 1.3.5\ldots(2\nu-1)\,\varepsilon_2^{2\nu}.$$

Dennoch würde man auf einen Widerspruch geführt werden, wollte man in die oben für $\lg \mu_m$ erhaltenen Reihenentwickelungen diesen »wahrscheinlichsten« Werth substituiren. In der That ergibt sich sogleich

$$\lg \frac{\mu}{\mu_m} = \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1.3.5\ldots 2\nu-1}{2\nu} \left(\frac{\varepsilon_2}{\mu_1}\right)^{2\nu}$$

und diess ist offenbar eine divergirende Reihe mit unendlicher Summe, wofern die Summe der Fehlerquadrate nicht verschwindet.

Es ergibt sich mithin das bemerkenswerthe Resultat, dass während die nach den ε_n^n fortschreitende Reihe für geeignete Werthe von μ convergirt, durch Substitution der wahrscheinlichsten Werthe der ε_n^n an Stelle der wahren Werthe, nothwendiger Weise Divergenz eintritt. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass bei der numerischen Rechnung nicht eine hinlängliche Approximation erzielt werden könne, wenn in den Anfangsgliedern der Reihe jene Substitution angewandt wird, immer vorausgesetzt, dass μ gross genug ist.

W. Scheibner, *Ueber einige allgemeine Convergenzsätze.* Auszug aus einem an Herrn Prof. ** gerichteten Schreiben, d. d. Leipzig, 30. Mai 1871.

Functionen, welche durch unendliche Reihen definirt werden, deren einzelne Glieder stetig sind, brauchen bekanntlich selbst nicht stetig zu sein. In der That convergirt die Reihe *)

$$\sin x - \tfrac{1}{2} \sin 2x + \tfrac{1}{3} \sin 3x \pm \ldots = fx$$

für alle reellen Werthe von x, ist für $-\pi < x < \pi$ durch $\frac{1}{2}x$ darstellbar, verschwindet für $x = \pm \pi$ und wird ausserhalb dieses Intervalles durch die Eigenschaft der Periodicität $f(x + 2\pi) = fx$ charakterisirt. Folglich ist $f(m\pi) = 0$ für jede ganze positive und negative ganze Zahl m (excl. der Null) unstetig. *Fourier*'sche Reihen aber lassen sich, nach einer von *Jacobi* herrührenden Bemerkung, nur dann differentiiren, wenn sie für $-\infty < x < \infty$, d. h. für alle reellen Werthe des Arguments stetig sind. Der Beweis ergibt sich einfach genug. Denn setzt man allgemein

$$fx = \sum_{-\infty}^{\infty} a_n e^{nxi} \;, \; f'x = \sum_{-\infty}^{\infty} b_n e^{nxi} \;,$$

so hat man

$$a_n = \frac{1}{2\pi} \int_{x_0}^{x_0+2\pi} fx \, e^{-nxi} dx \;, \; b_n = \frac{1}{2\pi} \int_{x_0}^{x_0+2\pi} f'x \, e^{-nxi} dx \;,$$

während die directe Differentiation

$$f'x = \sum_{-\infty}^{\infty} n a_n i e^{nxi}$$

liefern würde. Letztere kann folglich nur gestattet sein, d. h. auf eine convergirende Reihe führen, wenn $b_n = na_n i$ oder

---

*) Vergl. *Abel* in *Crelle*'s Journal I, S. 314 und des Verf. Schrift über unendliche Reihen etc. S. 14.

$$\int_{x_0}^{x_0+2\pi} f'x\, e^{-nxi}\, dx = ni \int_{x_0}^{x_0+2\pi} fx\, e^{-nxi}\, dx$$

ist. Durch partielle Integration erhält man aber

$$\int f'x\, e^{-nxi}\, dx = fx\, e^{-nxi} + ni \int fx\, e^{-nxi}\, dx\,,$$

mithin wenn $x_1 x_2 \ldots$ Unstetigkeitsstellen zwischen x_0 und $x_0 + 2\pi$ bedeuten,

$$\frac{1}{2\pi} \int_{x_0}^{x_0+2\pi} f'x\, e^{-nxi}\, dx = c_n + \frac{ni}{2\pi} \int_{x_0}^{x_0+2\pi} fx\, e^{-nxi}\, dx\,,$$

oder

$$b_n = c_n + n a_n i\,,$$

wo

$$c_n = \frac{1}{2\pi} \lim_{\varepsilon = 0} \Big\{ e^{-nx_0 i} \Big[f(x_0 + 2\pi - \varepsilon) - f(x_0 + \varepsilon) \Big] + \\ + \sum_{\varkappa} e^{-nx_0 i} \Big[f(x_\varkappa - \varepsilon) - f(x_\varkappa + \varepsilon) \Big] \Big\}.$$

Dieser Ausdruck müsste für alle Werthe von n verschwinden. Hierzu wird die Gleichheit $f(x_0 + 2\pi) = fx_0$ und die Abwesenheit der Unstetigkeitsstellen $x_\varkappa$ erfordert, oder was wegen $f(x + 2\pi) = fx$ dasselbe ist, die Function muss für alle reellen Werthe von x stetig sein, wenn die convergirende *Fourier*'sche Reihenentwickelung differentiirbar sein soll*).

Anders würde sich die Sache gestalten, wenn der Convergenzbezirk der unendlichen Reihe nicht auf eine Linie (wie hier die Linie der reellen Werthe) beschränkt wäre. Dann würde die Reihe die Werthe einer monogenen und stetigen Function für den Bereich eines Flächenstückes darstellen und sich innerhalb desselben differentiiren lassen, aber im Allgemeinen nicht auf der Grenze. So ist z. B. der Convergenz- und Stetigkeitsbezirk einer Potenzreihe $Fx = \sum_{-\infty}^{\infty} a_n x^n$ eine durch zwei concentrische Kreise begrenzte Ringfläche. Innerhalb dieser Fläche ist $F'x = \sum_{-\infty}^{\infty} n a_n x^{n-1}$, aber während unter Umständen die erste Gleichung auf den Peripherien jener Kreise noch gelten kann, braucht die zweite Gleichung nicht gleichzeitig gültig d. h. convergent zu sein. Die *Fourier*'schen Reihen gehen hervor,

*) Vergl. a. a. O. S. 43.

wenn die Radien der beiden concentrischen Kreise zusammenfallen. Dann bleibt in $x = re^{\varphi i}$ bloss φ variabel, und man erhält, wenn etwa $r = 1$ gesetzt wird,

$$Fx = f\varphi = \Sigma a_n e^{n\varphi i} \;, \quad F'x = f'\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \Sigma n a_n e^{(n-1)\varphi i}$$

oder

$$f'\varphi = \Sigma n i a_n e^{n\varphi i}.$$

Letztere Reihe bleibt nach dem Früheren nur gültig, sobald die Stetigkeit von $f\varphi$ an keiner Stelle der Peripherie unterbrochen ist, obgleich die Convergenz der Entwickelung für $f\varphi$ wie bekannt durch diesen Umstand nicht beeinträchtigt wird.

Bei positiver Erstreckung der Integration längs der Grenze eines Stetigkeitsbezirks einer monogenen Function hat man innerhalb jenes Bezirkes

$$fx = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{ft\,dt}{t-x} \text{ und } f'x = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{ft\,dt}{(t-x)^2} \,,$$

folglich für eine Summe von Functionen

$$f_1'x + f_2'x + \ldots + f_n'x = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f_1 t + f_2 t + \ldots + f_n t}{(t-x)^2}\, dt.$$

Wenn nun $fx = \lim\limits_{n=\infty} (f_1 x + f_2 x + \ldots + f_n x)$ die Summe einer convergirenden Reihe bedeutet, so ist

$$\lim \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f_1 t + f_2 t + \ldots + f_n t}{(t-x)^2}\, dt = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{ft\,dt}{(t-x)^2} =$$

$$= f'x = \lim (f_1'x + f_2'x + \ldots + f_n'x) \,,$$

d. h. die convergirende Reihe ist innerhalb jenes Stetigkeits- resp. Convergenzbezirks differentiirbar.

Als eine Mahnung zur mathematischen Vorsicht füge ich folgenden Beweis dafür bei, dass zwei Halbe kein Ganzes machen!

Es handele sich z. B. um das Integral

$$u = \int_{-1}^{1} \frac{x\,dt}{1 - x^2 t^2} \quad \text{oder} \quad v = \int_{-1}^{1} \frac{x\,dt}{1 + x^2 t^2}.$$

Man wird geneigt sein

$$\int_0^1 \frac{x\,dt}{1 - x^2 t^2} = \int_{-1}^{0} \frac{x\,dt}{1 - x^2 t^2} = \lg \frac{1+x}{1-x}$$

und demnach $u = 2 \lg \frac{1+x}{1-x}$, so wie

$$\int_0^1 \frac{x dt}{1+x^2 t^2} = \int_{-1}^0 \frac{x dt}{1+x^2 t^2} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} x ,$$

folglich $v = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} x$ zu setzen. Dennoch ist diese Folgerung, wie leicht zu zeigen, nicht richtig. Um zunächst bei v stehen zu bleiben, wollen wir die Definition durch das Integral zur Reihenentwickelung nach den Potenzen von x benutzen, und die Fälle

a) mod $x < 1$ und b) mod $x > 1$

unterscheiden. Im ersten Falle darf man wegen mod $xt < 1$

$$\frac{1}{1+x^2 t^2} = 1 - x^2 t^2 + x^4 t^4 - x^6 t^6 \pm \ldots$$

setzen und erhält ohne Schwierigkeit

$$v = \int_{-1}^{1} (x - x^3 t^2 + x^5 t^4 - x^7 t^6 \pm \ldots) dt$$

$$= 2x - \frac{2}{3} x^3 + \frac{2}{5} x^5 - \frac{2}{7} x^7 \pm \ldots = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} x .$$

Im zweiten Falle dagegen sei $t = e^{\varphi i}$, damit mod $xt > 1$ bleibe und

$$\frac{1}{1+x^2 t^2} = \frac{1}{x^2 t^2} - \frac{1}{x^4 t^4} + \frac{1}{x^6 t^6} \mp \ldots$$

werde. Damit ergibt sich

$$v = \int_{-1}^{1} \left(\frac{1}{x t^2} - \frac{1}{x^3 t^4} + \frac{1}{x^5 t^6} - \frac{1}{x^7 t^8} \pm \ldots \right) dt$$

$$= i \int_0^{\pi} \left(- \frac{1}{x e^{\varphi i}} + \frac{1}{x^3 e^{3\varphi i}} - \frac{1}{x^5 e^{5\varphi i}} \pm \ldots \right) d\varphi$$

$$= - \frac{2}{x} + \frac{2}{3x^3} - \frac{2}{5x^5} + \frac{2}{7x^7} \mp \ldots = - 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} .$$

Hieraus würde die unrichtige Gleichung

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} x + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} = 0$$

folgen. Der wahre Werth von v ist

$$v = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{2x}{1-x^2}$$

und dieser kehrt wirklich sein Vorzeichen um, wenn man $\frac{1}{x}$

für x setzt. Auf analoge Weise muss

$$u = \lg \left(\frac{1+x}{1-x}\right)^2$$

genommen werden, ein Ausdruck, der ebensowohl $2 \log \frac{1+x}{1-x}$ wie $2 \log \frac{x+1}{x-1}$ bedeutet, selbstverständlich ganz unabhängig davon, ob $\operatorname{mod} x > 1$ oder < 1 ist.

Man wird sich also vor dem unvorsichtigen Gebrauche von Gleichungen wie

$$\lg x^2 = 2 \lg x \quad \text{oder} \quad \operatorname{arc\,tg} \frac{2x}{1-x^2} = 2 \operatorname{arc\,tg} x$$

zu hüten haben, bei denen in der That die rechten und die linken Seiten nicht identisch sind. Denn während links periodische Functionen mit den resp. Perioden $2\pi i$ und π stehen, haben auf der rechten Seite die betreffenden Perioden den doppelten Betrag. —

Dr. Worm Müller, *Die Abhängigkeit des arteriellen Druckes von der Blutmenge.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig, vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit zwei Holzschnitten und einer Tafel.

§ 1.

Einleitung. Versuchsanordnungen.

Wenn die Gefässwand bei jedem Dehnungsgrade denselben Elastizitätscoefficienten besässe, so würde die an jedem Orte des Gefässsystems vorhandene Spannung nur von der Füllung desselben mit Blut abhängig sein. Hieraus würde wie bekannt folgen, dass der Druck innerhalb der Gefässe — gleichgiltig, ob sich das Blut in Ruhe, oder in Bewegung befände — mit der wachsenden Blutmenge zunehmen müsste. In der That ist jedoch dieses letztere nicht der Fall; denn die Gefässwände sind zum Theil wenigstens mit Muskeln versehen, überall aber ändern sie nach vorgängiger Reckung ihre Elastizität. — Wie sehr sich die hieraus hervorgehenden Veränderungen in der Spannungsfähigkeit der Wände geltend machen, geht zur Genüge aus alltäglichen pathologischen und chirurgischen Erfahrungen, und ebenso aus bekannten physiologischen Beobachtungen, so z. B. aus dem starken Absinken des Druckes und der Geschwindigkeit hervor, die nach der Durchschneidung des Rückenmarkes ohne jeglichen Blutverlust eintreten. Es wird hieraus ersichtlich, dass die Abhängigkeit des Blutdruckes von der Blutmenge verwickelter ist, als es auf den ersten Blick scheinen möchte.

Trotz der eminenten Bedeutung, welche die Lösung dieser Frage für die Medicin besitzt, sind methodische Untersuchungen über den Einfluss der Blutmenge auf den Blutdruck kaum vorhanden. Vergeblich sucht man in dem grossen Heer von Monographien und Abhandlungen über Aderlässe und Transfusion

nach planmässig angestellten Versuchsreihen; nur in zwei Arbeiten, den Abhandlungen von *Goltz**) und von *Tappeiner***) ist diese Frage, insofern sie den Einfluss der Herabsetzung der Blutmenge betrifft, einer experimentellen Untersuchung unterworfen worden.

Durch die Versuche von *Goltz* am Frosche, und die entsprechenden *Tappeiner's* am Kaninchen ist festgestellt, dass den Thieren ein sehr bedeutender Bruchtheil ihres Blutes entzogen werden könne, ohne dass die Geschwindigkeit des Stromes und der Druck in den grossen Zweigen der Aorta in entsprechender Weise beeinträchtigt wird.

Da nun die Geschwindigkeit von dem Unterschiede der Spannungen, diese aber von dem Elastizitätscoefficienten der Wandungen und von dem Grade ihrer Ausdehnung durch die Masse der Flüssigkeit abhängen, so ist es einleuchtend, dass der Widerstand, welchen die Wandungen der Ausdehnung entgegensetzen, zunehmen muss, wenn ihre Spannung sich unverändert erhalten soll, trotzdem dass sich die ausdehnende Flüssigkeitsmenge vermindert hat. Mit einem Worte, dem Blutvolumen, das die Gefässhöhle enthält, kann sich die Dehnbarkeit ihrer Wand jedenfalls bis zu einem gewissen Grade anpassen.

Obwohl nun von vornherein nicht einzusehen ist, warum das, was bei einer Verminderung des normalen Blutvolumens gilt, nicht auch bei einer Vermehrung desselben eintreten sollte, so hat dennoch die ärztliche Praxis nach beiden Richtungen hin einen wesentlichen Unterschied angenommen. Denn sie hat sich nicht gescheut, das Blut pfundweise zu entziehen, wohl aber hat sie bei Transfusionen die sogenannte depletorische Methode angewendet, wenn jene an einem nicht schon vorher durch grosse Blutverluste erschöpften Individuum ausgeführt werden sollte. Diese Handlungsweise hat nur bei acuten Vergiftungen z. B. durch Kohlenoxyd ihre Begründung. In diesem Falle werden wir »im Stande sein, die nachtheiligen Einflüsse des Giftes zu eliminiren, wenn wir die Blutmasse, welcher das Gift beigemengt ist, aus dem Körper entfernen und an die Stelle desselben ein normales Blut in die Gefässe einführen.«***) Wenn

*) Goltz, Virchow's Archiv. 29. Bd. p. 394.

**) Tappeiner, diese Berichte, Jahrgang 1872, p. 193.

***) Dr. A. Eulenburg und Dr. L. Landois, Die Transfusion des Blutes. Berlin 1866, p. 17—18.

man dagegen bei den verschiedensten Ernährungskrankheiten der Transfusion eine Entleerung vorhergehen lässt, so ruht diese Handlungsweise weniger auf Beweisen, als auf traditionellen Anschauungen.

Um die Haltbarkeit derartiger Ansichten zu prüfen, zugleich aber um die im physiologischen Laboratorium gebräuchlichen Methoden praktisch kennen zu lernen, habe ich im Sommer 1870 im physiologischen Institute zu Leipzig ein Paar bezügliche Versuche ausgeführt. Da diese Versuche für die vorliegende Frage in vielfacher Hinsicht Interesse darboten, habe ich dieselben auf Wunsch des Herrn Professor *Ludwig* im Sommer 1872 fortgesetzt.

Meine Versuche sind sämmtlich an Hunden ausgeführt. Da es in meiner Absicht lag, ein im Verhältnisse zum Körpergewicht möglichst grosses Blutquantum einzuspritzen, habe ich kleine Versuchsthiere ausgewählt. Um einen Maassstab für die Beurtheilung der eingeführten resp. der entleerten Blutmenge zu gewinnen, wurden die Hunde zuerst gewogen, um das eingeführte resp. das entleerte Blutvolumen in Prozenten des Körpergewichtes ausdrücken, und verschiedene Versuchsthiere untereinander vergleichbar machen zu können.

Die eine a. carotis wurde mit einem Hg.-Manometer verbunden, das die Veränderungen des Standes auf einen mit bekannter Geschwindigkeit fortlaufenden Papierstreifen ununterbrochen aufschrieb. Nachdem der Blutdruck längere Zeit hindurch notirt, und somit die Grenze seiner normalen Schwankungen erkannt war, wurde eine vena jugularis geöffnet, und in dieselbe eine Canüle eingeführt.

Gleichzeitig wurde ein grosser Hund verblutet, das entleerte Blut defibrinirt, sorgfältig filtrirt, und in einem von warmem Wasser umgebenen Gefässe auf eine Temperatur von 38° bis 39° C. während der ganzen Versuchszeit hindurch gehalten. Die ebenfalls auf 38° C erwärmte Spritze, mit deren Hilfe die Blutinjectionen in die vena jugularis geschahen, fasste 42 Ccm. Blut; es wurde in allen Fällen, in denen nichts Specielles angeführt ist, von dem Inhalte der Spritze 40 Ccm. transfundirt. Den Rest von 2 Ccm. liess ich in der Spritze zurück, um die Ueberführung einer kleinen Menge von Schaum zu vermeiden, die aus dem defibrinirten Blute aufgestiegen war.

Bevor ich auf die Beschreibung der Versuche eingehe, will

ich kurz erörtern, warum ich mich auf die Auswerthung des Druckes in der Carotis beschränkt habe, welche Momente bei der Analyse dieser Druckmessungen hauptsächlich berücksichtigt, und welche Versuchsmodificationen eingeführt worden sind.

Die Bestimmung des Blutdruckes in der a. carotis empfahl sich vor derjenigen anderer Werthe z. B. des Druckes in einer Vene oder der Geschwindigkeit in einer Arterie nicht allein wegen der bequemen Ausführung der Messung, sondern auch darum, weil der Druck, der in der a. carotis vorhanden ist, bekanntermassen sehr annähernd in allen übrigen grossen Arterien des Aortensystems besteht. Somit wird durch diese Bestimmung die Druckhöhe gemessen, unter welcher das Blut in die Capillaren des Aortenbaumes eindringt, jedenfalls also eine der wichtigsten Constanten, welche die Energie des Stromes bedingen.

Wenn man den Druck als Erkenntnissmittel verwendet, so ist zu beachten, dass derselbe auch in der Norm stets innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Darum kann ein Anwachsen des Druckes nur dann als die Folge einer von dem Beobachter willkührlich eingeführten Bedingung angesehen werden, wenn der mittlere Druck so lange auf einem höheren Werthe verweilt, als die neue Bedingung wirksam bleibt, wenn also namentlich beim Eintritte von Schwankungen die unteren und oberen Grenzen derselben augenfällig höher liegen als vorher. Selbstverständlich ist es demnach, dass man den Druck nicht blos während und unmittelbar nach der Einspritzung, sondern auch einige Zeit nach derselben beobachtet. Denn das Ansteigen der Aortenspannung, welches während der Einspritzungen selbst stattfindet, kann für unsere Frage von keinem Belange sein, weil zu der genannten Zeit der Strom des Blutes zum Herzen eine neue Beschleunigung erfährt, in Folge welcher das den Ventrikeln zu Gebote stehende resp. das von dem linken in die Aorta geworfene Blutvolum anwachsen muss.*)

Aus der gemessenen Druckhöhe, unter welcher das Blut in die Capillaren des Aortensystems eindringt lässt sich, wie es scheint auch einiger Aufschluss gewinnen über die Spannung im

*) Dass man bei dem Studium der Druckverhältnisse nach den Blutentleerungen nach ähnlichen Grundsätzen zu verfahren hat, bedarf keiner Erörterung.

Venensysteme und über die in der Zeiteinheit durch das Herz geführte Blutmenge. Der arterielle Druck wird ja geregelt durch die Grösse des mittleren Widerstandes (Reibung und Druck im entgegengesetzten Sinne des Ausströmens an den Uebergängen der Arterie in die Capillaren) und andererseits durch das Blutvolum, welches in der Zeiteinheit aus dem Herzen in die Aorta überströmt. Eben deshalb kann man aus dem Stande der Druckhöhe in der a. carotis mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit erschliessen, ob durch die Vermehrung des Blutvolums eine erhöhte Spannung in dem Venensystem eingetreten ist. Ist dieses geschehen, so wird sie sich auch als eine Erhöhung des Widerstandes gegen den aus der Aorta fliessenden Strom äussern, und zugleich wird sie einen vermehrten Zufluss zum Herzen veranlassen, weil der Lungenaspiration wegen der Druck innerhalb der diastolischen Ventrikel immer unterhalb des atmosphärischen steht. Es würde somit die Geschwindigkeit und auch der Querschnitt des Stromes zum Herzen proportional mit dem Druck in den Venen wachsen. Durch diese und ähnliche Betrachtungen, welche im Laufe der vorliegenden Untersuchung sich von selbst aufdrängen, ist es klar, wie werthvoll es sein würde, über die Spannung in den Venen direct unterrichtet zu werden. Da nun aber, wie bekannt, die jetzige Technik der Physiologie keine andauernde Messung der Druckänderungen in den Venen gestattet, so habe ich mich nach anderen Hilfsmitteln umgesehen, um die Füllungsgrade in den Venen, in den Capillaren und in den kleinen Arterien schätzen zu können. Als ein solches Hilfsmittel ist anzusehen die künstliche Einleitung von Druckänderungen mittelst verschiedener Methoden, wie z. B. Druck auf Leib, Bewegung der Extremitäten, Reizung sensibler Nerven, Erstickung. Es wurde also geprüft, ob die hierdurch hervorgebrachten Aenderungen nach der Transfusion innerhalb anderer Grenzen als vorher auftreten. Die hierdurch erhaltenen Aufschlüsse suchte ich durch die nach dem Tode des Thieres vorgenommene Section zu ergänzen, wobei ich insbesondere die Blutgefässe der verschiedenen Gewebe und Organe sorgfältig untersuchte. Ferner habe ich mein Augenmerk auf etwaige Exsudationen gerichtet und zugleich in einigen Versuchen den Einfluss der vermehrten Blutmenge auf den Lymphstrom untersucht.

Es wurde in diesen Versuchen der ductus thoracicus eröffnet, die ausfliessende Lymphe vor, während und nach den Einspritzungen aufgesammelt und auf ihre festen Bestandtheile untersucht.

§ 2.

Versuche.

Die Versuche, welche ich ausgeführt habe, lassen sich in folgende zwei Hauptgruppen zusammenfassen.

I. Versuche über die Aenderung des Blutdruckes in der a. carotis mit zunehmendem Prozentgehalt des Körpers an Blut.

II. Versuche über die Aenderung des Druckes in der a. carotis mit der Abnahme der prozentischen Blutmenge des Körpers.

I.

Versuche über die Aenderung des Blutdruckes in der a. carotis mit zunehmendem Prozentgehalt des Körpers an Blut.

Die Versuche dieser Gruppe können in zwei Abtheilungen gebracht werden.

1. Die Vermehrung des Blutes geht von der normalen Blutmenge aus.

2. Der Vermehrung des Blutes geht ein Aderlass voraus.

Abtheilung 1.

Die Vermehrung des Blutes geht von der normalen Blutmenge aus.

Die hierher gehörigen Versuche bilden den Ausgangspunkt und in vielfacher Hinsicht das Fundament der ganzen Untersuchung.

Es schien mir von wesentlichem Belang, zunächst die Druckverhältnisse unter den einfachsten Versuchsbedingungen zu studiren. Dieser Zweck wird wohl am besten dadurch erreicht, dass man die nn. vago-sympathici und zugleich das Hals-

mark durchschneidet, weil nun die Störungen, welche von Seiten der nervösen Centren der Gefäss- und Seeletmuskeln auftreten, zum grössten Theil ausgeschlossen sind. Ich habe deshalb

a) Bluteinspritzungen in Thiere gemacht, denen die vago-sympathici und das Halsmark durchschnitten waren, bevor ich

b) dieselben Versuche an unversehrtem Thiere ausführte.

In den Beobachtungen, in welchen nn. vago-sympathici durchschnitten waren, geschah die Durchschneidung des Halsmarkes nach der im physiologischen Institute zu Leipzig üblichen Methode; der Blutverlust war sehr gering, die Wunde wurde nach vollendeter Operation tamponirt. In sämmtlichen Versuchen wurde mit Sorgfalt darauf geachtet, ob eine Blutung durch die Wunde im Laufe des Versuches stattfand; es stellte sich heraus, dass in sämmtlichen hier beschriebenen Versuchen keine nennenswerthe Blutung eintrat.

Anstatt einer Wiedergabe des gesammten Details der einzelnen Versuche ziehe ich es vor, die wichtigsten Data jedes derselben in tabellarischer Uebersicht zu geben.

Versuch I. Körpergewicht 3,9 Kilogramm.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelbar v. d. 1. Einspritzung 0.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	Zahl der Einspritzungen.
Rechte a. carotis mit dem Hg.-Manometer verbunden, in die rechte v. jugularis eine Canüle. Natürliche Athmung. Druck 137 mm. Vago-sympathici durchschnitten. Druck 161 mm. Trachea geöffnet, künstliche Athmung. Druck 173 mm. Halsmark durchschnitten. Druck 32 mm. 6 Minuten nachher Druck 27 mm.		49	35	37	41	67	84	103	86	89	143	96	138	90	139	112	129	Druck (in Millimetern) am Schlusse jeder Einspritzung.
		22	16	22	25	25	30	39	28	28	38	29	23	11		3		Druckdifferenz unmittelbar vor u. am Schlusse jeder Einspritzung
		28	43	48	30	22	32	35	16	17	25	15	16	9	18	17	19	Die Zeitdauer d. Einspritzung (in Secunden).
		65	32	37	54	68	92	106	110	117	143	119	146	130	140	135	144	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
		30	10	12	20	13	7	10	15	18	27	20	11	29	56	29	20	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung
	27	19	15	18	42	54	64	58	61	105	67	115	79		109		120	Der Druck unmittelbar vor d. Wiederbeginn jeder Einspritzung
		155	105	349	45	65	87	210	178	36	517	24	206		207		159	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung
		1,03	2,06	3,09	4,12	5,15	6,18	7,21	8,24	9,27	10,30	11,33	12,36	13,39	14,42	15,45	16,48	Die Zunahme der Blutmenge in pC. d. Körpergewichtes ausgedrückt.

Anmerkung. Um jedes Missverständniss der vorstehenden Tabelle zu heben, dient folgende Erläuterung:

Die erste Verticalreihe enthält die Versuchsanordnungen und die Druckhöhen im Laufe der Zeit vor der ersten Einspritzung, die zweite Verticalreihe (0) den Druck (27^{mm}) unmittelbar vor der ersten Einspritzung, die dritte Verticalreihe (I) die verschiedenen Druckhöhen nach der ersten Einspritzung, die vierte Verticalreihe (II) die verschiedenen Druckhöhen nach der zweiten Einspritzung u. s. w. — Die drei Horizontalreihen mit fetten Zahlen geben die Druckhöhen (Millimeter), die drei Horizontalreihen mit kleinen Zahlen, die entsprechenden Zeiten (Secunden) an; die oberste Horizontalreihe mit fetten Zahlen die Druckhöhen am Schlusse jeder Einspritzung, die oberste (entsprechende) Horizontalreihe mit kleinen Zahlen die Zeitdauer der Einspritzung, die zweite Horizontalreihe mit fetten Zahlen den Maximaldruck nach jeder Einspritzung, die zweite Horizontalreihe mit kleinen Zahlen die Zeit (vom Schlusse der Einspritzung gerechnet), welche verging, bis der Maximaldruck erreicht wurde, die dritte Horizontalreihe mit fetten Zahlen die Druckhöhe unmittelbar vor der nächstfolgenden Einspritzung, die dritte Horizontalreihe mit kleinen Zahlen die Zeit (vom Schlusse der Einspritzung gerechnet), welche verging, bis dieser Druck notirt wurde. Zwischen der obersten Horizontalreihe mit fetten Zahlen und derselben Reihe mit kleinen Zahlen ist eine Horizontalreihe eingeschaltet, deren Zahlen auf den Grenzen zweier Verticalreihen stehen. Diese repräsentiren die Differenzen des Druckes unmittelbar vor einer Einspritzung und am Schlusse derselben; so ist z. B. die Zahl 16 zwischen I und II die Differenz der Druckhöhe unmittelbar vor der zweiten Einspritzung (19^{mm}) und derjenigen am Schlusse der zweiten Einspritzung (36^{mm}). — Unter den Horizontalreihen sind mit englischen Zahlen die Zuwächse der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts angegeben; die Zahl $1_{,02}$ pC. ist also z. B. die Zunahme nach der ersten Einspritzung, die Zahl $2_{,04}$ pC. die Zunahme nach der zweiten Einspritzung (ebenfalls von 40^{cm}). Diese Berechnung ist selbstverständlich nicht ganz richtig, hauptsächlich deshalb, weil das Blut ein erheblich grösseres specifisches Gewicht als Wasser hat; dieser Fehler ist aber, wie es sich im Laufe der Versuche von selbst ergiebt, ohne Bedeutung; er kann, wenn es nöthig wäre, schätzungsweise corrigirt werden.

Aus den Zahlen der Tabelle geht hervor:

α. In der Zeit vom Beginn bis zum Ende der Einspritzung nimmt der Druck zu. Diese Zunahme ist in weiten Grenzen unabhängig von den Quotienten aus dem eingespritzten Blutvolum in das Körpergewicht: Sie schwankte bei einer Vermehrung des Blutes von $1_{,03}$ bis zu $12_{,24}$ Prozent des Körpergewichts, im Allgemeinen zwischen 22 und 30^{mm}; einmal ist sie aber niedriger = 16^{mm} — nämlich bei der Vermehrung der Prozentzahl des Blutes von $1_{,03}$ bis $2_{,06}$ und zweimal höher, nämlich 39^{mm} bei VII und 38^{mm} bei X. Oberhalb des Quotienten $12_{,36}$ ist die Zunahme erheblich geringer, so 11^{mm} bei XIII und 3^{mm} bei XV.

Auf den ersten Blick hat es den Anschein, als ob die Drucksteigerung, welche während der Einspritzung zu Stande kommt, gesetzmässig abnähme, wenn die vor dem Beginn derselben vorhandene Druckhöhe gewachsen ist. Bei näherer Betrachtung erweist sich jedoch eine solche Annahme als unzulässig. *)

β. Nach vollendeter Einspritzung sinkt der Druck ab, aber er steigt kurze Zeit nachher wieder an. Dieses Wachsthum, welches ich das zweite nennen werde, ist in jeder Hinsicht sehr unregelmässig; zuweilen fehlt dasselbe vollständig, namentlich nach Einspritzung II, III und X.

γ. Auf dieses zweite Wachsthum folgt ausnahmslos ein Absinken des Druckes. Die Beobachtung der auf dem unendlichen Papierstreifen notirten Drücke ergiebt, dass das Absinken des Drucks nach einer Curve geht, welche im Allgemeinen ihre Convexität gegen die Abszisse wendet. Ob sie sich dieser asymptotisch anschliesst oder ob sie nur bis zu einem bestimmten Punkt geht, der durch den Quotienten des vermehrten Blutvolums in das Körpergewicht bestimmt ist, lässt sich nicht mit Sicherheit angeben, weil in den gewählten Zeitabschnitten immer noch ein Sinken bemerkbar ist.

Da nun fast stets ein solches Sinken mehr oder weniger deutlich zu beobachten war, so folgt hieraus, dass der Gang des Druckes, welcher durch die aufeinanderfolgenden Einspritzungen erzielt wird, zum Theil in der Hand des Beobachters liegt. Ob durchweg, wenn man die Zeit zwischen je zwei Einspritzungen lang genug wählt, bleibt allerdings fraglich. Nach den Ergebnissen der drei ersten Bluteinspritzungen könnte man es allerdings glauben, denn unmittelbar vor der zweiten Einspritzung (II)

---

*) Aus der Tabelle ergiebt sich, dass das Anwachsen des Blutdruckes vom Beginn bis zum Ende der Einspritzung folgender Maassen geschieht.

Bei einer Zunahme der prozentischen Blutmenge von

5,15	zu	6,18	wächst der Druck von	54	auf	84,	also um	30mm
7,21	-	8,24	- - - -	58	-	85,	- -	27mm
8,24	-	9,24	- - - -	61	-	89,	- -	28mm
12,36	-	13,39	- - - -	79	-	90,	- -	11mm
14,42	-	14,45	- - - -	109	-	112,	- -	3mm

Die Abweichungen sind aber zahlreich, so z. B. bei einer Zunahme der prozentischen Blutmenge von

6,18	zu	7,21	wächst der Druck von	64	auf	103,	also um	39mm
9,27	-	10,3	- - - -	105	-	143,	- -	38mm
11,33	-	12,36	- - - -	115	-	138,	- -	23mm

war der Druck 19mm, unmittelbar vor III 15mm, unmittelbar vor IV 18mm. Im Verlaufe des Versuchs änderte sich jedoch der Sachverhalt in einer Weise, durch welche die ausgesprochene Vermuthung mindestens sehr unwahrscheinlich wird. Von der 4. Einspritzung an ist nämlich eine wachsende Steigerung der entsprechenden Drücke nicht zu verkennen, vor V 42mm, vor VI 54mm, vor VII 64, vor VIII 58, vor IX 61, vor X 105, vor XI 57,*) vor XII 115, vor XIII 79 (!), vor XV 109mm und 159 Secunden nach XVI 120mm; (1 Minute nachher noch 112mm).

δ. Das Maximum, auf welches der Druck durch die steigende Blutmenge gebracht werden kann, erreicht allmählig eine obere Grenze. Ist der Druck auf dieser angelangt, so kann er durch die fortgesetzte Vermehrung des Blutes nicht weiter emporgetrieben werden; der Werth, auf welchem er trotz fortdauernden Wachsthums des Blutgehaltes stehen bleibt, liegt in der Nähe der normalen Druckhöhe, die das Thier vor der Durchschneidung des Halsmarkes darbot. So betrug der Druck am Schlusse der zehnten Einspritzung 143mm, er wurde nach den folgenden nicht mehr übertroffen; die Druckhöhe und der Verlauf derselben sind nach XIII, XIV, XV, XVI im Wesentlichen identisch; so betrug z. B. 207 Secunden nach XIV der Druck 109 und 219 Secunden nach XIV der Druck 112mm.

ε. Besondere Erwähnung verdient eine Thatsache, welche aus der vorgelegten Tabelle nicht ersichtlich ist; sie bestand darin, dass die Excursionen des Pulses während jeder Einspritzung grösser wurden, woraus hervorgeht, dass die Leistungsfähigkeit des Herzens bis zum Ende des Versuches ungestört erhalten blieb, und dass die Triebkräfte des genannten Organs in der Zeit zwischen je zwei Einspritzungen keineswegs bis zu ihrem Maximum in Anspruch genommen waren.

Die Temperatur des Versuchsthieres — im rectum gemessen — betrug Anfangs 36,5° C., im Verlaufe des Versuches

*) Die zwei Zahlen 107mm (vor X) und 67mm (vor XI) illustriren sehr deutlich das continuirliche Sinken im Laufe der Zeit nach der Einspritzung; das Intervall zwischen IX und X betrug nur 36 Secunden (deshalb die verhältnissmässig grosse Druckhöhe 107mm), während das Intervall zwischen X und XI 517 Secunden betrug. Andererseits dürfte die relativ grosse Druckhöhe, 67mm bei 517 Secunden nach der Einspritzung darauf hinweisen, dass jetzt eine permanente Vermehrung des Druckes eingetreten war.

sank sie allmählig auf 33° C. Diese Erniedrigung der Körperwärme ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass die Temperatur des eingespritzten Blutes zwischen 22° und 23° C. schwankte. Aus diesem Grunde erschien es nothwendig, bei den späteren Versuchen körperwarmes Blut zur Einspritzung zu verwenden.

Section. Die Haut überall bleich, nur die grösseren Hautvenen gefüllt. Einige Muskeln des Rückens, des Halses und der Brustgegend injicirt, die übrigen Muskeln dagegen von normalem Aussehen. Zwei Extravasate in der Nackengegend — ein subcutanes und ein intermusculares. Ihr Volum beträgt zusammen höchstens 10 C. Cm. Substantia compacta der Knochen weiss, die Substantia spongiosa deutlich, aber nicht übermässig injicirt. Das Gehirn- und Rückenmark boten nichts Bemerkenswerthes dar. Rechte Herzkammer und rechte Vorkammer dagegen stark mit Blut gefüllt, ebenso vena cava superior und inferior. Linke Herzkammer und linke Vorkammer dagegen verhältnissmässig wenig blutreich. Die Lungen an der Basis hypostatisch. Die Gedärme ein wenig injicirt; die grossen Venen des Magens stark mit Blut gefüllt, die Arterien des Magens dagegen blutleer. Milz und besonders Leber stark injicirt, die Corticalsubstanz der Nieren ziemlich bleich, in der mässig injicirten Marksubstanz kleine, stecknadelkopfgrosse Extravasate. — Dieses Resultat der Section ist räthselhaft genug. Denn trotz der Einspritzung eines Blutquantums, das wenigstens 16,5 p.C. des Körpergewichts betrug, also trotz einer Blutmenge, die mit Hinzurechnung der ursprünglichen auf mindestens 23 p.C. des Körpergewichts zu schätzen ist, wurden im Cadaver weder irgendwo erhebliche Blutüberfüllungen, noch grössere Blutextravasate, noch auch seröse Exsudationen beobachtet.

Versuch II. Körpergewicht $4{,}76$ Kilogramm.

Versuchsanordnungen und Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelbar v. d. ersten Einspritzung. (O)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	8 Ccm eingespritzt	Zahl der Einspritzungen.
Rechte a. carotis mit dem Hg-Manometer verbunden, in rechte v. jugularis eine Canule. Natürliche Athmung. Druck 120 mm. Vago-sympathici durchschnitten. Druck 176 mm. 35 Secunden nachher 166 mm. Halsmark durchschnitten. Druck 20 mm. 28,9 Sec. nachher 18 mm.		34	40	55	67	69	81	105	128	133	127	Druck (in Millimetern) am Schlusse jeder Einspritzung.
			15		24	21	23	29	24	16		Druckdifferenz unmittelbar vor und am Schlusse der ersten Einspritzung.
		30	30	30	30	30	30	30	30	30	8	Die Zeitdauer der Einspritzung (in Secunden).
		Keine Steigerung	Gerinsel ind. Canüle	58	69	78	94	115	132	Keine Steigerung.	Keine Steigerung.	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
				14	13	25	24	26	25			Die Zeit (in Secunden) dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
	18	25		43	48	58	76	104	117	129	93	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
	Defibrinirtes Blut (38—39° C.) einge-pr.	175	134	156	111	132	351	136	104	78	478	Die Zeit dieses Druckes gerechnet von dem Ende jeder Einspritzung.
		0,84	1,68	2,52	3,36	4,20	5,04	5,88	6,72	7,56	7,73	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichtes ausgedrückt.

Um Complicationen möglichst zu vermeiden, war in diesem Versuch die Injectionsdauer constant 30 Secunden, die Intervalle zwischen den Einspritzungen variirten mancherlei Zwischenfälle wegen zwischen 2 bis 3 Minuten.

Durch diese Cautelen sind die Erscheinungen desselben viel regelmässiger als diejenigen des vorhergehenden.

α. Auch dieser Versuch zeigt, dass die Zunahme des Druckes vom Beginn bis zum Ende der Einspritzung in weiten Grenzen unabhängig ist, ebensowohl vom Quotienten aus dem vermehrten Blutvolum in das Körpergewicht, wie auch von der unmittelbar vor Beginn der Einspritzung vorhandenen Spannung. *)

β. Das zweite Wachsthum nach dem Schlusse der Einspritzung ist ebenso wie im vorigen Versuche unregelmässig und nicht immer vorhanden.

γ. Auch hier geht das Absinken des Druckes, welches jenseits des Druckmaximums eintritt, nach einer Curve, die im Allgemeinen ihre Convexität gegen die Abszisse richtet. Es erfolgt dasselbe aber langsamer als beim vorigen Thiere. Auf welchem Punkte sich der Druck nach jeder der aufeinanderfolgenden Einspritzungen schliesslich einstellt, lässt sich wegen des kurzen Intervalls zweier aufeinanderfolgender nicht angeben. So viel steht jedoch fest, dass sich der Druck mit dem wachsenden Blutgehalt dauernd erhöht. Dieses geht hervor aus den Erscheinungen, die nach der letzten Einspritzung eintreten: 178 Secunden nach derselben war die Spannung von 127 auf 93 gesunken; auf dieser Höhe hielt sie sich aber im Laufe der folgenden 10 Minuten so gut wie constant.

δ. Auch in diesem Versuche bewirkt oberhalb eines gewissen hier 5,88 betragenden Werthes des Quotienten aus dem vermehrten Blutvolum in das Körpergewicht eine fortgesetzte

---

*) Bei einer Zunahme der prozentischen Blutmenge von

2,52 zu 3,36,	wächst der Druck von	43 auf	67	(Steigerung 24)
3,36 - 4,20,	- - - -	48 -	69	(- 21)
4,20 - 5,04,	- - - -	58 -	81	(- 23)
5,04 - 5,88,	- - - -	76 -	105	(- 29)
5,88 - 6,72,	- - - -	104 -	128	(- 24)

Oberhalb des Quotienten 6,72 resp. oberhalb der Spannung 117 scheint diese Zunahme geringer zu werden, denn

bei einer Zunahme der prozentischen Blutmenge von

6,72 zu 7,56	Druck von	117 zu	133	(Steigerung 16)
7,56 - 7,73	- -	129 -	127	(- 3)

Erhöhung desselben keine weitere Steigerung des Druckes. Die Drücke am Schlusse der 8ten, 9ten und 10ten Einspritzung sind ungefähr gleich, ebenso auch, was die Durchmusterung der Zahlen des Versuchsprotokolles ergiebt, die Drücke in den entsprechenden Zeiten nach den Einspritzungen; 70 Secunden nach VIII war der Druck 126, — 78 Secunden nach IX 129, — 98 Secunden nach X (nur 8 Ccm. Blut eingespritzt) 100.

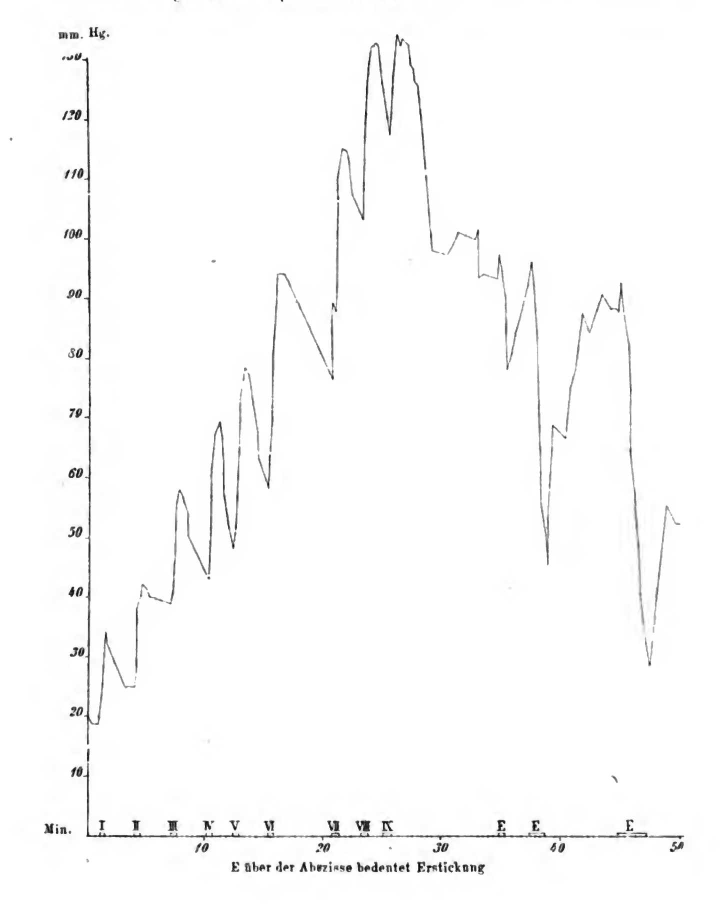
ε. Die Grösse der Pulsexcursion hatte während der Dauer des Versuches im Allgemeinen eher zu- als abgenommen; die Frequenz blieb zu allen Zeiten dieselbe. Dasselbe gilt für die Temperatur, welche durchweg 36° betrug.

Um über die Füllung des venösen Systems einen Anhaltspunkt zu gewinnen, wurden einige Zeit nach der letzten Einspritzung passive Bewegungen der hintern Extremitäten (12—15 Secunden hindurch) ausgeführt; der Druck, welcher vor diesen auf 99mm gestanden, stieg während der Bewegung nur auf 101 bis 102mm und sank unmittelbar nachher auf 93mm. Das Resultat fiel also nicht zu Gunsten der Annahme einer übermässigen Ueberfüllung des venösen Systems aus.

Nächstdem erschien es mir nicht unwichtig, zu prüfen, ob durch die Vermehrung der Blutmenge etwa eine Lähmung der Gefässmuskeln bedingt worden sei. Nach den Erfahrungen von *Lauder Brunton*, *Genersich* u. A. ist es bekannt, dass die kleinen Arterien auch nach der Durchschneidung des Halsmarks rhythmische und tonische Contractionen zeigen; das Aufhören dieser Contractilität musste einen nicht unbedeutenden Einfluss ausüben können. Um mich von dem Zustande der Reizbarkeit der Gefässmuskeln zu überzeugen, habe ich in diesem und den vorhergehenden Versuchen einige Zeit nach der letzten Einspritzung die künstliche Respiration wiederholt unterbrochen. Im Gegensatz zu den Angaben von *Dogiel* und *Kowalesky* trat nahezu regelmässig fast unmittelbar nach dem Aufhören der künstlichen Athmung ein Sinken des Druckes auf, welches während der Erstickung continuirlich steiler wurde. Hängt diese Erscheinung von einer Veränderung im Zustande der Gefässmuskeln ab, so würde sie bedeuten, dass während der Erstickung der Nachgiebigkeitsgrad der Muskeln grösser als vor ihr gewesen sei. Keinenfalls würde sie also für einen Verlust der Contractilität in Folge der Bluteinspritzung sprechen. Ich bin jedoch nicht geneigt, auf dieser Annahme zu bestehen, um so weniger, als ich in diesen

Beobachtungen keine Erfahrung über den Einfluss der Suffokation vor der künstlichen Vermehrung des Blutes besitze.

Eine übersichtliche Darstellung des Druckverlaufs in diesem Versuche giebt der folgende Holzschnitt.



E über der Abszisse bedeutet Erstickung

Auch die Section ergab ähnlich dem vorigen Versuche keine Blutstauung, wie ich sie im Verhältniss zu der eingespritzten Blutmenge erwartet hatte, und keine grösseren Extravasate; auch waren keine Blutungen aus der Wunde in der Nackengegend eingetreten.

Ob es während des Lebens zu Oedemen und serösen Ergüssen gekommen war, konnte nach dem Tode in diesem und in dem vorigen Falle nicht ermittelt werden, weil ich die Thiere im gefrorenen Zustande nach *W. Braune's* Methode secirt hatte. Nach den Versuchen wurden die Hunde erstickt, arteria carotis und vena jugularis unterbunden, die Wunden zugenäht, die Leichen in einen Eiskasten gelegt, 2 Tage nachher in Stücke zerschnitten und diese makroskopisch und mikroskopisch untersucht. Die Stücke wurden nachher zuerst in gesättigte Lösung von doppelt chromsauerem Kali, späterhin in Alkohol gelegt und nochmals untersucht. Durch diese Methode bekommt man allerdings einen sehr guten Ueberblick über den Füllungsgrad der Venen, aber seröse Exsudationen und insbesondere seröse Infiltrationen treten nicht deutlich hervor. Ich habe desshalb diese Methode als eine für meine Untersuchung nicht zweckmässige aufgegeben.

Es galt nun den Einfluss der Bluteinspritzungen auf die Exsudationen deutlich und sicher festzustellen. Zu dem Ende war eine sorgfältig angestellte Section unmittelbar nach dem Tode des Thieres mit besonderer Berücksichtigung der Lymph- und Chylusgefässe, etwaiger seröser Infiltrationen etc. erforderlich; ausserdem schien es mir von Wichtigkeit, am Leben des Thieres die Abhängigkeit der Lymphabsonderung von der Blutmenge zu erforschen.

Versuch III. Der Hund wog 4050 Gramm. Rechte a. carotis mit dem Quecksilbermanometer verbunden, durch die rechte v. jugularis wurde Curare eingespritzt, künstliche Athmung eingeleitet. Ductus thoracicus geöffnet, eine Canüle eingesetzt. Die Lymphe wurde in kleinen calibrirten Probegläsern aufgesammelt, von denen jedes 15 ^{cm} fasste. Das Rückenmark in der Höhe des zweiten Halswirbels durchschnitten. Der Druck in a. carotis sank nach der Durchschneidung des Markes im Laufe von 29 Minuten von 30 ^{mm} auf 23 ^{mm} und blieb darauf in der folgenden Minute stehen. Da mir centrifugirtes Hundeserum zu Gebote stand, so habe ich, um den Einfluss des Serums mit dem des

Gesammtblutes auf Druck und Exsudation zu vergleichen, zuerst 6 Einspritzungen von Serum, das auf 36° C. erwärmt war, durch die vena jugularis ausgeführt, bevor ich defibrinirtes, auf 36° C. erwärmtes Hundeblut — 9 Einspritzungen — injicirte.

Die Ergebnisse des Versuchs sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Versuch III. Kgw. 4,05 Kilogr. Curare. Halsmark durchschnitten, zuerst Blutserum, dann Blut eingespritzt. Lymphe gefangen.

Druckverhältnisse im Laufe d. Zeit vor d. Einspritzung.	Druck unmittelb. vor d. Einspr. (O)	Erste Serumeinspr. IS	IIS	IIIS	IVS	VS	VIS		Erste Bluteinspr. IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	IXB	Zahl der Einspritzungen.
Nach der Durchschneidung des Halsmarkes Druck 30 mm, 30 Minuten nachher Druck 23 mm.		32	58	55	41	57	45		43	60	72	65	59	75	48	83	93	Druck (i. Millim.) am Schlusse jeder Einspritzung.
		9	8	−15	+9	13	6		8	11	6	7	6	6	11	12	10	Druckdifferenz unmittelbar vor und am Schlusse der Einspritzung.
		18	13	19	14	30	12		26	10	13	9	12	10	11	11	14	Die Zeitdauer der Einspritzung (in Secunden).
		52	70	57	52		53			70	80	76	74	88	72	90	105	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
		35	13	16	21		21			25	10	28	21	18	22	20	8	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
	23	50	40	32	44	39	35		49	66	58	53	69	37	71	83	45	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
	Defibrinirtes Hundeserum (36°C) eingespritzt.	52	63	101	69	109	447	Defibrinirtes Blut (36° C.) eingespritzt	23	32	76	131	44	1223	34	30	650	Die Zeit dieses Druckes gerechnet von dem Ende jeder Einspritzung.
		0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94											Die Zunahme der Serummenge in Prozenten d. Körpergewichts ausgedrückt.
									0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.
Die aufgesammelte Lymphmenge vor der Einspritzung		Die aufgesammelte Lymphmenge während d. Serumeinspritzungen							Die aufges. Lymphmenge währ. d. Bluteinspr.									Ccm. Lymphe, die dem ductus thoracicus entnommen wurden.
1½ Ccm. Lymphe (farblos) im Laufe von 30 Minuten.		9 Ccm. Lymphe im Laufe von 16 Minuten. Lymphe röthlich gefärbt.							9 Ccm. Lymphe i. Laufe von 6½ Min. Lymphe röthl. gef.						9 Ccm. Lymphe gewonnen.			

α. Der Einfluss, welcher den Einspritzungen von Serum auf den Druck zukömmt, ist höchst gering und unregelmässig. Nachdem er in Folge der beiden ersten Einspritzungen vorübergehend von 23 mm auf 70 mm gestiegen, sank er trotz der fortgesetzten Zufügung des Serums in mancherlei Schwankungen wieder ab, so dass er schliesslich nach der Einführung von 240 Ccm. Serum nur auf 35 mm, also um 12 mm über den ursprünglichen Stand gehoben war.

Die Einwirkung der Bluteinspritzungen war zwar augenfälliger, aber die Steigerung des Druckes fand auch hier höchst unregelmässig statt; vor I B (Bluteinspritzung) war der Druck 35, vor II B 49, vor III B 66, vor VI B 69. In dem langen Intervall (1223) zwischen VI B und VII B sank der Druck auf 37, hob sich aber mit den folgenden Einspritzungen wieder, betrug vor VIII B 71, vor IX 83; 8 Secunden nach IX B war der Druck auf 105 mm gestiegen, sank aber allmälig im Laufe von 650 Secunden auf 45 mm.

Gesetzt auch, es sei die Vergiftung mit Curare oder die unterlassene Durchschneidung der nn. vago-sympathici Schuld daran gewesen, dass die Ergebnisse dieses Versuches von den frühern abgewichen, so ist doch durch ihn jedenfalls dargethan, dass das Gefässsystem nach dem Durchschneiden des Rückenmarks einer grossen Erweiterung fähig ist. Es wurden im Ganzen 15 Einspritzungen von je 40 Ccm. gemacht, so dass der Inhalt des Gefässsystems um wenigstens 14,85 p.C. des Körpergewichtes oder, wenn wir die $28\frac{1}{3}$ Ccm. Lymphe abziehen, die dem ductus thoracicus entnommen wurden, um 14,15 p.C. des Körpergewichtes vermehrt war. Trotzdem stand der Druck 650 Secunden nach der letzten Einspritzung auf 45 mm. Die Pulse waren deutlich; ein erhebliches Sinken der Herzthätigkeit war nicht zu bemerken; für die Annahme eines im Laufe der Zeit auftretenden Aufhörens der Contractilität der Gefässmuskeln war kein Anhaltspunkt vorhanden, um so weniger, als die Erstickung eine Steigerung des Druckes von 45 auf 125 mm im Laufe von 466 Secunden herbeiführte.

β. Die Lymphabsonderung nahm in Folge der Einspritzungen allerdings zu, aber das ganze Quantum der aufgesammelten Lymphe war doch sehr gering = 28,33 Ccm.; so dass dasselbe in keinem Verhältniss zu der eingespritzten Flüssigkeitsmenge stand.

Die Section wurde unmittelbar nach dem Tode des Thieres ausgeführt. — In der vorsichtig eröffneten Unterleibshöhle fanden sich 15 Ccm. blutiges seröses Exsudat. Das Bindegewebe der Bauchhöhle überall deutlich oedematös. — Leber und Milz beträchtlich injicirt, ohne Extravasate. — Die Lymphgefässe der Gallenblase strotzend mit blutigem Inhalt gefüllt. — Pancreas stark oedematös. In den Gedärmen, welche auf der Schleimhautfläche stark injicirt, dünne choleraähnliche Excremente, obwohl der Hund vor den Einspritzungen harte, feste Excremente entleert hatte. — Die Nierenkapsel deutlich injicirt, die Nierensubstanz nur in geringem Grade. — Brusthöhle. In den Pleurahöhlen und dem Herzbeutel kein Exsudat. Ueberall jedoch das Bindegewebe oedematös. Pleurae costales und Pleura diaphragmatica nicht auffallend injicirt. Im ductus thoracicus gefärbte Lymphe. — Die Lungen z. Th. oedematös; hier und dort linsengrosse Blutextravasate. — Die Extremitäten nicht oedematös, die Lymphgefässe auf dem oberen Theil des rechten Oberschenkels mit heller, klarer Lymphe gefüllt. — Das Bindegewebe unter der Haut nicht oedematös, die Muskeln weder oedematös noch hyperämisch. — Die Lymphe, welche während der Einspritzungen aus dem d. thoracicus floss, war von röthlicher Farbe; sie enthielt Blutkörperchen. Auf der Centrifuge wurde das Serum derselben abgeschieden und in diesem mit Berücksichtigung der gewöhnlichen Cautelen — Trocknen bei 100 p.C., bis wiederholtes Wägen keinen Verlust mehr anzeigte, Controlanalyse — die festen Bestandtheile bestimmt. 5 Grm. des Lymphserums, das während der Einspritzungen von Blutserum aufgefangen war, gaben 0,4144 Rückstand = 8,29 Prozent fester Bestandtheile. — Wenn man mit dieser Zahl die Prozentwerthe vergleicht, welche nach zahlreichen Angaben von *Krause*, *Tomsa*, *H. Nasse*, *Genersich* u. A. das Serum der Hundelymphe besitzt, so stellt sich dieselbe als eine ungewöhnlich hohe heraus. Ob dieses eine Eigenthümlichkeit der Lymphe ist, die während einer künstlichen Vermehrung der Blutmenge abgesondert wird, konnte ich nicht direct entscheiden, da ein zu geringes Quantum an Lymphe vor den Einspritzungen ausgeflossen war. Somit konnte ich keine Analyse ihres Serums ausführen. — Das Exsudat, welches aus der cavitas peritonaei genommen war, enthielt in 5 Gr. 0,289 Gr. Rückstand = 5,78 p.C. feste Bestandtheile. —

Bevor ich in der Darstellung meiner Versuche weiterschreite,

mag es mir gestattet sein, noch einige Bemerkungen über die Erscheinungen vorzuführen, welche die Beobachtungen an gelähmten Thieren geliefert haben.

Die erste derselben betrifft das Maximum des Werthes, auf welchem sich der Druck in Folge der Einspritzungen einerseits vorübergehend erhebt und anderseits längere Zeit hindurch erhalten konnte. Wir wollen das erstere das vorübergehende, letzteres aber das permanente Druckmaximum nennen.

Das permanente Druckmaximum betrug im Versuch I 120^{mm} (159 Secunden nach XVI war der Druck 120^{mm}); im Versuch II betrug es 93^{mm} (1053 Secunden nach den 9$^1/_8$ Einspritzungen); die grösste vorübergehende Spannung betrug im Versuch I 144^{mm} (11 Secunden nach VIII), im Versuch II 133^{mm} (am Schlusse der IX. Einspritzung). Diese Zahlen zeigen eine auffallende Uebereinstimmung mit den Carotidendrücken des unversehrten Thieres; im Versuch I betrug der ursprüngliche Druck des unversehrten Thieres 137^{mm}, im Versuch II 120^{mm}, vor Durchschneidung der nn. vago-sympathici dagegen betrug der Druck im Versuch I 161^{mm}, im Versuch II 176^{mm}.

Nach der Durchschneidung des Halsmarks (und der nn. vago-sympathici) war also die Einspritzung einer Blutmenge, die nahezu 16,5 p.C. des Körpergewichts betrug (cfr. Versuch I), nicht im Stande, den ursprünglichen Druck dauernd herzustellen; sie konnte denselben während und kurze Zeit nach der Einspritzung gerade nur auf diese Höhe bringen. Die grösste Druckhöhe, die vor der Abtrennung des Rückenmarks und nach der Durchschneidung der vago-sympathici bestand, wurde durch die Injectionen niemals hervorgebracht.

An die Betrachtung über das Maximum des erreichbaren Blutdruckes schliesse ich nun eine andere über die Aenderung der Pulsfrequenz gelähmter Thiere an. Um dieser eine Unterlage zu geben, werden die beobachteten Pulsänderungen in der folgenden Tabelle zusammengestellt. —

Ueber die Aenderung der Pulse in Folge der Einspritzung.

Rückenmark und n. vago-sympathici beiderseits durchschnitten. Künstliche Athmung. 1. Versuch, 3,90 Kgw. Puls in 20 Secunden.			Versuch 2, Kgw. 4,76 Kil. Pulse in 20 Secunden.			Rückenmark durchschnitten. Vago-sympathici unverletzt. Curare. Versuch 3, Kgw. 4,05 Kil.		
Zahl d. Einspr.	Während der Injection.	Nach der Injection.	Zahl d. Einsp.	Während der Injection.	Nach der Injection.	Zahl der Einspr.	Während der Injection.	Nach der Injection.
O	52	—	O	44	—	O	44 u. 43	
I	43	52	I	41	44 u. 41	I S*)	43	45
II	47	53	II	40	42 - 41	II S	52	51 u. 43
III	54	51	III	40	41	III S	43	42 - 41
IV	45	54	IV	40	41	IV S	41	41
V	51	54 u. 49	V	40	40	V S	43	41
VI	43	47 - 43	VI	40	40	VI S	42	42 - 43
VII	42	44 - 42	VII	39	40 - 41	I B*)	43,5	44,5
VIII	38,5	45 - 42	VIII	39	40	II B	46	48 - 47
IX	36	42 - 44	IX	39	40	III B	50	46
X	39	44 - 42				IV B	47,5	49 - 46
XI	38,5	43 - 40				V B	46,5	?
XII	38,5	43 - 41				VI B	46	50 allmälig bis 43
XIII	37,5	42						
XIV	40	43				VII B	44	45
XV	38	43,5				VIII B	46	46,5
XVI	40	43 - 44				IX B	50	44 u. 42

In Versuch I wurde luftwarmes, in Versuch II körperwarmes Blut eingespritzt. Dieser letztere bot die geringste Complication der Erscheinungen dar. Obwohl zuweilen eine spurweise Ab-

*) S bedeutet Einspritzung von Serum des Hundeblutes, B die Einspritzung von Gesammtblut.

nahme der Frequenz nicht zu verkennen war, z. B. während der ersten Einspritzung, so ist doch im Grossen und Ganzen die Frequenz fast unverändert geblieben. Hierdurch werden die Beobachtungen bestätigt, denen zufolge nach der Durchschneidung des Halsmarkes und der nn. vago-sympathici die Frequenz unabhängig von der Steigerung des Blutdrucks ist. Es ist zu bemerken, dass die Körpertemperatur im Laufe des Versuchs um 0,5 bis 0,75 ° C. sank. In Versuch I, in welchem luftwarmes Blut eingespritzt wurde, nahm die Frequenz während der Injection sichtlich ab, hob sich aber in den Intervallen. Eine dauernde Abnahme liess sich indessen nicht verkennen; nach der letzten Einspritzung war die Frequenz 44 P. in 20 Secunden, vor der ersten Einspritzung 52 P. in 20 Secunden; dabei hatte die Körpertemperatur in dem Versuch allmälig um 2 bis 3 ° C. abgenommen. Die Aenderungen der Schlagfolge erklären sich zur Genüge aus dem Absinken der Herz-, beziehungsweise der Körperwärme.

In Versuch III war nur das Halsmark durchschnitten, nn. vago-sympathici blieben unversehrt.

In diesem Versuch, in welchem zuerst warmes (36° C.) Serum, später warmes Blut (36 ° C.) eingespritzt wurde, schwankte der Druck unregelmässig hin und her; die Pulsfrequenz war jedoch nach der letzten Einspritzung genau dieselbe wie vor den Einspritzungen (44, 42—44, 43).

b. Ich komme nun zu der Beschreibung der Versuche, die an Hunden angestellt wurden, deren Rückenmark und deren n. vagi unversehrt waren.

b. Rückenmark und N. vago-sympathici unversehrt. Versuch IV. Körpergewicht 3700 Gramm.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelbar vor der Einspritzung. (O)	I	II	III	IV	V	10 Ccm. eingespritzt. VI*	20 Ccm. eingespritzt. VI*	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Zahl der Einspritzungen.
Rechte a. carotis geöffnet und mit dem Hg.-Manometer in Verbindung gebracht; in rechte vena jugularis eine Canüle. Druck 131 mm. Im Laufe von 120 Secunden schwankte der Druck zwischen 131 und 125 mm.		143	162	150	162	166	170	161	157	153	164	162	164	164	Druck in Millimetern am Schlusse jeder Einspritzung.
		21	—2	7	1	2	1	1	10	10	—4	0	—4		Differenz der Drücke unmittelbar vor und am Schlusse jeder Einspritzung.
		30	30	30	30	30	7	29	30	30	30	30	30	30	Die Zeitdauer der Einspritzung in Secunden.
		146	165	161	170	172		172	171	157	169	166	171	165	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
		7	10	26	7	32		50	20	7	9	14	12	11	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
		136	142	157	160	169		151	144	156	158	155			Der geringste Druck in der Zwischenzeit zwischen je zwei Einspritzungen.
		20	47	37	50	71		357	314	24	123	80			Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
	125	135	152	155	167	168	160	156	143	154	166	164	168	161	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
	Defibrinirtes Blut eingespritzt.	80	75	99	109	116	208	419	387	115	124	850	79	90	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
	Temperatur 38° C.	1,08	2,16	3,24	4,32	5,40	6,21		7,29	8,37	9,45	10,53	11,61	12,69	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.

Um die Geringfügigkeit und Unregelmässigkeit der Schwankungen in den Intervallen zu zeigen, habe ich in den vorstehenden Versuchen zwischen der Horizontalreihe mit den Maximaldrücken und derjenigen mit den Drücken unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung eine neue Horizontalreihe mit den geringsten Drücken in der Zwischenzeit eingeschaltet.

Anmerkung. Die Pulse, welche von der dritten Einspritzung an sehr oft einen arhythmischen Typus erhalten, nahmen bei den ersten Einspritzungen an Frequenz ab.

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Einspritzung.		Nach der Einspritzung.
O	88 u. 86		
I	84		83
II	80		74 u. 63
III	61		59 arhythm.
IV	arhythm.		
V			
VI			
VII			
VIII	57		
IX	62		64 u. 55
X	55		51
XI	59		64 u. 71
XII	57	Neigung z. Erbrechen	48 – 43
		Erbrechen	23
		Nachher	52

Die letzte Einspritzung brachte Neigung zum Erbrechen hervor, welche unmittelbar nachher in wirkliches Erbrechen von serös-blutigem Schleim überging; der Druck stieg dadurch vorübergehend auf 184 und die Pulse nahmen an Frequenz ab. Nach dem Erbrechen hob sich die Frequenz auf ungefähr dieselbe Zahl, wie vor demselben.

Die Drucksteigerung war also auch hier eine sehr geringe; trotzdem dass 470 Ccm. Blut (wenigstens 12,69 p.C. des Körpergewichts) eingespritzt wurden, beträgt jene nur 30 bis 40 mm, von den ursprünglich vorhandenen 125 bis 130 mm wuchs die Spannung nach den ersten 4 Einspritzungen auf 170 bis 167 mm, die folgenden 8 Einspritzungen brachten keine weitere Steigerung hervor; der Quecksilberstand schwankte zwischen 153 bis 172 mm hin und her, nach XII stand der Druck zwischen 165 bis 161 mm. Der Mitteldruck war also dauernd ein höherer geworden.

Um zu prüfen, ob in den Venen des Unterleibes ein stärkerer Füllungsgrad vorhanden war, wurde nach der 17ten Einspritzung der Bauch 4 bis 5 Secunden hindurch einer veränderlichen Pressung unterworfen. Vor diesem Handgriff stand der Druck auf 151 mm, während desselben stieg der Druck auf 163 und sank nach der Beendigung der Pressung sogleich auf 157. Diese geringen Aenderungen sprachen gegen eine Ueberfüllung der Bauchvenen.

Versuch V. Körpergewicht 4,710 Gramm.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelbar vor der Einspritzung. (O)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	
Rechte a. carotis mit Hg.-Manometer verbunden, in rechte vena jugularis eine Canüle. Der Druck schwankte im Laufe von 7 Minuten hin und her zwischen 176 bis 149 Millimeter.	149 Defibrinirtes Blut (38° C.) eingespritzt.	173	133	103	100	105	111	112	132	145	146	160	165	152	154	149	Druck (in Millimetern) am Schlusse jeder Einspritzung.
		24	26	—18	13	0	3	—5	—10	10	—4	8	9	0	1	—7	Differenz des Druckes unmittelbar vor und am Schlusse jeder Einspritzung.
		50	60	43	58	34	35	34	30	34	30	33	32	32	30	31	Die Zeitdauer der Einspritzung (in Secunden).
			141	121	117	112	116	135	140	150	176	167	170*)	162	158	167	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
			25	27	11	18	3	141	35	37	26	70	76	22	36	25	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
		96		92	105	105	105			141	119	152		145	144	157	Der geringste Druckwerth in der Zwischenzeit zwischen je zwei Einspritzungen.
		107		105	34	51	80			112	30	88		119	121	114	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
		107	121	87	105	108	107	122	135	142	152	156	152	153	156	166	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
		129	139	130	123	87	150	171	83	124	125	109	177	120	124	115	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
		0,85	1,7	2,55	3,4	4,25	5,1	5,95	6,8	7,65	8,5	9,35	10,2	11,05	11,9	12,75	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.

*) Es trat nach der 12. Einspritzung Neigung zum Erbrechen auf; der Druck steigerte sich im Augenblick auf 187 Millimeter, sank aber sofort auf 158 mm. Diese Steigung wiederholte sich im Laufe der folgenden Zeit; nach XV traten stärkere Bewegungen auf.

Anmerkung. Die Aenderungen der Pulsfrequenz waren sehr unregelmässig, bald Zu-, bald Abnahme.

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Einspritzung.	Nach der Einspritzung.
O	27	— —
I	23,5	27,5 u. 48
II	33 u. 27	19 - 36
III	34 - 20	24 - 38
IV	39 - 23	24 - 38
V	30 - 18	21 - 36
VI	31	28 - 32
VII	35 - 24	22 - 20
VIII	23,5	22 - 24
IX	25	25 - 26
X	26	26
XI	22	27
XII	32	28 - 36
XIII	38	29
XIV	31	30
XV	35	34 - 30

Während und nach diesen Einspritzungen traten sehr häufig Brechbewegungen auf.

Das permanente Druckmaximum in diesem Versuche ist ebenso wie im vorigen 166 bis 167^{mm} (vorübergehend 170 bis 176^{mm}). — Es ist in der Beziehung derselben zum ursprünglichen Druck insofern ein Unterschied von dem vorigen Versuch, als der ursprüngliche Druck in dem Versuche IV 131, in diesem dagegen bisweilen 169 bis 171^{mm} betrug; in jenem stieg der Druck im Ganzen um ca. 30 bis 40^{mm}, in diesem blieb er nach 14 Einspritzungen = 560 Ccm. Blut ungefähr derselbe wie im Anfange.

Auch der Verlauf der Druckänderungen ist in diesem Versuche ein ganz anderer als im vorigen Versuche. Dort bewirkten die 4 ersten Einspritzungen eine Steigerung, von da an trat im Grossen und Ganzen keine Veränderung mehr ein; in diesem Versuche dagegen entstand zuerst eine Abnahme, dann eine Steigerung, und zuletzt endlich war im Wesentlichen keine Veränderung mehr sichtbar. 1. Die Abnahme des Druckes, welche die ersten drei Einspritzungen hervorbrachten, war nicht unbeträchtlich. Die Hg-Säule stand vor I auf 149; während I erhob sie sich auf 173, sank aber im Intervalle auf 96 und 107: die zweite Einspritzung bewirkte eine kleine Steigerung dieses Druckes, während und nach III starke Abnahme, so dass der Druck vor IV nur 87 betrug. 2. Die Steigerung geschah

allmälig bis zur X. Einspritzung, wo der Druck bis auf das Maximum von 176 mm bis 152 mm stieg. 3. Von X blieb der Druck zwar schwankend, aber im Wesentlichen unverändert. Bei der Geschwindigkeit, mit welcher das Sinken und Steigen des Druckes ineinander übergingen, kann man die Ursachen für den Wechsel wohl nur in Aenderungen der Erregbarkeit finden. An den Excursionen des Pulses liess sich keine veränderte Leistungsfähigkeit des Herzens nachweisen.

Um weitere Aufklärungen über die Flüssigkeitsbewegungen im Innern der Thiere zu erhalten, in deren v. jugularis eine grosse Blutmasse eingespritzt war, wurde in den folgenden Versuchen die Lymphmenge gemessen, die aus dem geöffneten duct. thoracicus ausfloss.

Versuch VI. Körp[illegible]

Curare. Künstliche Respiration. Lymph[illegible]

Versuchsanordnungen und Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelbar vor der Einspritzung. (0)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A. carotis dextra mit Hg.-Manometer verbunden, in rechte v. jugularis eine Canüle, Curare eingespritzt. Künstliche Respiration. Ds. thoracicus magn. aufgesucht und Canüle eingesetzt. Vor den Einspritzungen schwankte der Druck im Laufe von 20 Minuten zwischen 173 mm und 142 mm.		153	162	160	128	135	120	120	12[illegible]
		30	30	38	15	35	14	17	1[illegible]
	142 Defibrinirtes Blut (36—37° C.) eingespritzt.	169	134	131	116	107	113	125	13[illegible]
		140	201	75	209	269	271	159	1[illegible]
		0,61	1,22	1,83	2,44	3,05	3,66	4,27	4,[illegible]

Versuchsanordnung.	Aufgesammelte Lymphmenge vor den Einspritzungen (= 6 Ccm.)	Aufgesammelte Lymphmenge im Laufe der Ein-							
Die Lymphe wurde in kleinen Probegläsern aufgesammelt, welche calibrirt waren und je 15 Ccm. fassten.	6,2		14		15	15	15		15
	1200		315		284	285	316		309
	142		134		150	118	114		138

gewicht 6,56 Kilogramm.

aus dem ductus thoracicus aufgefangen.

IX	X	XI	XII	Zahl der Einspritzungen.
148	152	149	158	Druck (in Millimetern) am Schlusse jeder Einspritzung.
15	16	16	15	Die Zeitdauer der Einspritzung (in Secunden).
140	139	147	153	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
108	121	84	124	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
5,49	6,10	6,71	7,32	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.

spritzungen = 119 Ccm.				Aufgesammelte Lymphmenge, nachdem die Einspritzungen aufhörten = 105 Ccm.							Die Summe der aufgesammelten Lymphe = 230,2.
15		15	15	15	15	15	15	15	15	15	Abgeflossene Lymphe in Ccm.
162		193	195	234	309	529	628	465	567	708	Zeit in Secunden für je 15 resp. 6,2 u. 14 Cc. Lymphe.
140		147	153	145	144	201*)	137	148	139	134	Druck am Ende dieser Zeit (nach dem Abfluss von je 15 resp. 6,2 u. 14 Ccm.).

*) Vorübergehende Erstickung.

In dem vorstehenden Versuche zeigten die Pulszahlen das folgende Verhalten:

	Pulse in 20 Secunden.					
	Während der Einspritzung.			Nach der Einspritzung.		
0	45	52	50			
I	49			49	43	45
II	39			38	46	54
III	59			63	62	
IV	48			62	61	
V	53			50		
VI						
VII				44	48	
VIII	36			39	34	43
IX	28			34	36	40
X	31			31	42	
XI	37			35	30	37
XII	32			35	43	

Die Pulsschwankungen sind unregelmässig; gegen Ende des Versuchs hatte jedoch die Pulsfrequenz abgenommen.

Der Druck schwankte während der Einspritzungen, stieg aber nicht über den ursprünglichen Werth hinaus. Vor den Einspritzungen war derselbe 142 bis 173 mm; nun sank er — ähnlich wie im vorigen Versuche, aber nicht so steil — mit den ersten 5 Einspritzungen allmälig auf 107 mm; von nun an nahm der Druck bis zum ursprünglichen Werthe zu; dieser wurde während und nach X (148 und 140 mm) erreicht. Von da an blieb der Druck, eine höchst geringe Steigerung abgerechnet, im Wesentlichen unverändert. Während und nach XII schwankte der Druck um 150 mm.

Die Lymphmenge, welche vor den Einspritzungen ausfloss, war sehr gering, im Laufe von 20 bis 25 Minuten betrug die ausgeflossene Lymphmenge nur 6,2 Ccm.

Bereits unmittelbar nach der ersten Einspritzung tropfte etwas mehr Lymphe als zuvor aus der Canüle aus; im Laufe von ca. 6 Minuten (seit dem Anfange der Einspritzungen) wurden 14 Ccm. Lymphe aufgesammelt; die Steigerung war also bedeutend. Die folgenden 15 Ccm. erforderten eine Zeit von 5,5 Minuten; von da an blieb die Ausflussgeschwindigkeit ungefähr constant bis zur 9. Einspritzung, nach welcher eine erhebliche Zunahme auftrat, indem während der letzten Einspritzungen je 15 Ccm. nur eine Zeit von 3 bis 3,5 Minuten in Anspruch nahmen. Nachdem die Einspritzungen beendet waren

nahm die Ausflussgeschwindigkeit allmälig ab; die Füllung von Glas 10 dauerte 4, die Füllung des 16ten Glases 12 Minuten. Aber auch jetzt war die Ausflussgeschwindigkeit viel grösser als vor den Einspritzungen; eine starke Nachwirkung war also sichtbar.

Mit Ausnahme derjenigen, welche vor der Einspritzung gesammelt wurde, war die Lymphe durchweg von einem Gehalte an Blutkörperchen röthlich gefärbt, und zwar am meisten die später abgesonderten Portionen. — Sämmtliche Gläser wurden auf Centrifuge gebracht, das ausgeschiedene Serum in den ersten Gläsern gerann mehrere Male hintereinander, so dass sie den folgenden Tag nochmals centrifugirt werden mussten. Die festen Rückstände des auf diese Weise erhaltenen Lymphserums wurden mit Berücksichtigung gewöhnlicher Cautelen bestimmt.

5 Ccm. Serum des Glases	1	geben	0,2511 Gr.	= 5,02 p. C.	feste Bestandth.	
5 - - - -	2	-	0,33 -	= 6,60 p. C.	-	-
5 - - - -	3	-	0,3645 -	= 7,29 p. C.	-	-
5 - - - -	4	-	0,3325 -	= 6,65 p. C.	-	-
5 - - - -	13, 14	-	0,313 -	= 6,26 p. C.	-	-
5 - - - -	15, 16	-	0,319 -	= 6,38 p. C.	-	-

Durch die Einspritzungen wurde also der Gehalt der Lymphe an festen Bestandtheilen vergrössert. Die Menge der festen Bestandtheile des Lymphserums schien in den Portionen, welche im Laufe der Einspritzungen ausflossen, grösser als in den späteren zu sein; Glas 2 gab 6,6 p. C., Glas 3 gab 7,29 p. C., Glas 4 gab 6,645 p. C., während die Gläser 13, 14, 15, 16 nur 6,3 p. C. fester Bestandtheile gaben.

Ebenso deutlich, wie der Zusammenhang zwischen der wachsenden Menge des eingespritzten Blutes und der Absonderungsgeschwindigkeit der Lymphe hervortrat, ebenso unklar blieb der Zusammenhang zwischen dem Blutdruck und der Ausflussgeschwindigkeit der Lymphe. Von I bis II nahm der Druck ab (bis auf 107 mm), während die Geschwindigkeit des Lymphstromes bedeutend gesteigert wurde; von VI bis IX stieg der Druck allmälig auf seine ursprüngliche Höhe (148 mm), die Lymphgeschwindigkeit nahm vielleicht ein wenig ab; von XI an nahm sie erheblich zu, während die wiedergewonnene ursprüngliche Druckhöhe im Wesentlichen constant blieb. Nach Beendigung der Einspritzungen nahm die Ausflussgeschwindigkeit des Lymphstromes binnen kurzer Zeit bedeutend ab, der

Druck dagegen erhielt sich im Wesentlichen unverändert. Die beobachteten Beziehungen sind also ganz regellos, wie von vornherein zu erwarten. Zwischen dem Druck, welchen wir in a. carotis messen, und der Lymphe, welche aus dem ductus thoracicus ausfliesst, ist die Abhängigkeit jedenfalls complicirter Natur. Ebensowenig, wie der Carotidendruck einen Maassstab für die Drücke in den Gefässbezirken giebt, in welchen die Exsudation stattfindet, ebensowenig kann die ausfliessende Lymphe, welche in verschiedenen Organen entspringend lange Wegstrecken zu durchlaufen hat, als ein Maass für die in demselben Zeitpunkt gebildete Lymphe gelten.

In die Reihe der Veränderungen, welche die Einspritzung des Blutes hervorruft, führt diese Beobachtung ein wichtiges Glied, indem sie beweist, dass durch sie Exsudationen hervorgerufen werden können, deren Volum gegen das des eingespritzten Blutes nicht mehr zu vernachlässigen ist, denn 224 Ccm. Lymphe bilden von 480 Ccm. eingespritzten Blutes einen bedeutenden Bruchtheil. Der Theil des Transsudates, welcher in die Lymphgefässe übergegangen ist, wird nun allerdings den Inhalt der Blutgefässe nicht wesentlich vermindern, da er fort und fort in die letzteren zurückkehrt. Aber es lässt sich doch voraussehen, dass von den transsudirten Flüssigkeitsmassen ein bedeutender Antheil in den Gewebstücken zurückgeblieben sei, weil nur hierdurch eine Spannung sich entwickeln kann, wie sie zur Unterhaltung eines so reichlichen Lymphstromes nöthig ist.

Um über die in den Geweben zurückgebliebenen Transsudate Genaueres zu erfahren, wurde die Section ausgeführt.

Bevor ich die Sectionsresultate anführe, kann ich nicht umhin, auf eine beachtenswerthe Erscheinung in diesem Versuche aufmerksam zu machen. Nach den Einspritzungen wurde während der Füllung des Glases 11 und 12 die künstliche Respiration zweimal zufälliger Weise durch plötzlich entstandene Risse in dem Kautschukschlauch, welcher mit der Trachealcanüle in Verbindung stand, vorübergehend unterbrochen. Die dadurch verursachte Erstickung bewirkte das eine Mal eine rasche Drucksteigerung auf 210^{mm}, das andere Mal auf 201^{mm}. Die grosse Drucksteigerung bietet nichts Abnormes dar, da sie ganz ebenso bei der Erstickung normaler Thiere auftritt, aber eben deshalb giebt sie uns einen werthvollen Aufschluss, weil sie zeigt, dass weder das Gefässnervencentrum, noch die Gefäss-

nerven, noch die Gefässmuskeln durch die Einspritzungen an Erregbarkeit eingebüsst hatten.

Die Section konnte erst 14 Stunden nach dem Tode des Thieres geschehen, der Hund wurde inzwischen auf Eis aufbewahrt. Die Unterleibshöhle wurde vorsichtig geöffnet, aus ihr konnten 52 Ccm. blutigen Exsudates gesammelt werden.

Die Leber sehr stark injicirt, die Leberlymphgefässe geschwollen und röthlich gefärbt. Milz zusammengezogen, ohne auffallende Injection. Pancreas oedematös und mit zahlreichen erbsen- bis haselnussgrossen Extravasaten bedeckt. Die Mesenterialdrüsen ein wenig geschwollen, stark injicirt, vasa afferentia derselben mit röthlich gefärbter Lymphe gefüllt. Die Schleimhaut der Gedärme stark injicirt, ebenso die Schleimhaut des Magens, in dessen Wand mehrere Ecchymosen (z. Th. Embolien). Ueberall starke venöse Ueberfüllung im Unterleib; die Venen des Magens, die Mesenterialvenen, vena cava inferior strotzend gefüllt. Die Nierenkapsel stark injicirt, ebenso die substantia corticalis und medullaris.

Im cavum pericardii 15 Ccm. blutiges Exsudat, im cavum pleurae nur Spuren eines solchen. — Das Herz, besonders die rechte Hälfte stark gefüllt; die Lungen an der Basis hypostatisch, überall in ihnen eine grössere Anzahl erbsengrosser Blutextravasate (z. Th. Embolien?) zu bemerken. Weder in den Extremitäten noch in den Muskeln noch in der Haut Injection oder seröse Infiltration; grössere Blutextravasate waren nirgends zu bemerken.

Versuch VII. Körper-

Curare. Künstliche Respiration. Lymphe aus dem ductus thoracicus gesammelt.

Versuchsanordnungen und Druckverhaltnisse im Laufe der Zeit vor den Einspritzungen.	Druck unmittelbar vor der Einspritzung (0)	I S	II S	III S	IV S	V S	VI S	VII S	I B	II B	III B
									Defibrinirtes Blut 37° C. eingespritzt.		
A. carotis mit Hg-Manometer verbunden, in rechte vena jugularis eine Canüle. Curare eingespritzt, künstliche Respiration. Ductus thoracicus aufgesucht, geöffnet und eine Canüle eingesetzt. Vor den Einspritzungen schwankte derDruck im Laufe von 17 Minuten zwischen 105 mm und 89 mm.		95	102	117	132	129	130	150	152	163	177
		18	16	14	15	14	14	14	17	15	14
		114	124	127	137	148	149	161	148	172	
		15	12	14	8	33	26	65	11	20	
	98.88 Hundeserum (37° C.) eingespritzt.	100	106	124	128	126	144	144	162	158	173
		89	73	95	101	74	309	294	79	81	51
		0,43	0,86	1,29	1,72	2,15	2,58	3,01	0,43	0,86	1,29

Versuchsanordnung.	Aufgesammelte Lymphe vor den Einspritzungen 30 Ccm.		Aufgesammelte Lymphe während der Ein- = 45									
Die Lymphe wurde in kleinen Probegläsern aufgesammelt, von welchen 1 bis 10 je 15, 11 bis 16 je 10Ccm. fassten.	1	2						3	4			
	15	15						15	15			
	mehr als 538	473						677	492			
	97	98						135	144			

gewicht 9,3 Kilogramm.
zuerst Serum, darnach defibrinirtes Blut in vena jugularis eingespritzt.

IV B	V B	Zahl der Einspritzungen.
180	170	Druck in Millimetern am Schlusse jeder Einspritzung.
15	16	Die Zeitdauer der Einspritzungen (in Secunden).
	184	Der Maximaldruck nach den Einspritzungen.
	29	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
181	180	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
54	77	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
		Die Zunahme der Serumsmenge in pCt. des Körpergewichts ausgedrückt.
1,72	2,15	Die Zunahme der Blutmenge in pCt. des Körpergewichts ausgedrückt.

-spritzungen Ccm.	Aufgesammelte Lymphmenge nach den Einspritzungen = 135 Ccm.											Die Summe der aufgesammelten Lymphmenge = 210 Ccm.
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Die Nummer der Lymphgläser.
15	15	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	Abgeflossene Lymphe in Ccm.
309	354	470	411	413	368	220	295	288	277	253	298	Zeit in Secunden für je 15 resp. je 10 Ccm. Lymphe.
180	161	167	ein kleines Gerinnsel in der Lymphcanüle. Blutgerinnsel in der Carotiscanüle.	157	144	140	140	145	139	148	138	Druck am Ende dieser Zeit nach dem Abfluss von je 15 resp. je 10 Ccm.

In dem vorstehenden Versuche zeigten die Pulszahlen das folgende Verhalten.

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Einspritzung.	Nach der Einspritzung.		Während der Einspritzung.	Nach der Einspritzung.
0 S	52. 53		VII S	40	41. 42.
I S	53. 54	49. 52.	I B		40.
II S	52	50.	II B	40	42. 41.
III S	48	44. 41.	III B	38	41.
IV S	42	39. 40.	IV B	40	41. 40.
V S	38	36. 38.	V B	38	41. 40.
VI S	40	38. 41.			

Die Pulsfrequenz nahm durch die Einspritzungen sichtlich ab; von 53 P. in 20 Secunden wurde sie durch die 4 ersten Serumseinspritzungen auf 40 P. herabgesetzt, diese Zahl hielt sich während der Einspritzungen von Gesammtblut unverändert. Nach der Beendigung der Einspritzungen hob sich die Pulsfrequenz wieder in die Höhe; 29 Minuten nach 5 B 44 P. in 20 Secunden; 38 bis 39 Minuten nach 5 B 49 P. und in der darauffolgenden Zeit Schwankungen zwischen 49 P. und 46 P. in 20 Secunden.

Der Blutdruck vor den Einspritzungen war hier auffallend niedrig, er schwankte zwischen 105 bis 108^{mm}. Es liess sich vermuthen, dass durch das Curare, wie es nicht selten der Fall ist, der Normaldruck des Thieres gesenkt war, so dass zu erwarten stand, durch die Einspritzungen werde eine erhebliche Steigerung bis zum höchsten ursprünglichen Normaldrucke erreicht werden.

Es wurden zuerst Einspritzungen von centrifugirtem Blutserum des Hundes ausgeführt in der Hoffnung, dadurch die blutige Beschaffenheit der Lymphe zu vermeiden.

Der Blutdruck stieg allmälig mit den Serumseinspritzungen in die Höhe, und betrug nach der siebenten Serums-Einspritzung 156 und 161^{mm}. — Während dieser Zeit sind 30 Ccm. Lymphe aufgesammelt. Auch diese Lymphe war blutig, ganz ebenso wie im vorigen Versuch.

Es wurden nun 5 Bluteinspritzungen gemacht. Der Blutdruck stieg fortwährend und erreichte sein Maximum mit der dritten Bluteinspritzung (177 bis 173^{mm}); von da an hielt er sich auf dieser Höhe. So schwankte er während der fünften Bluteinspritzung von 173 zu 170^{mm} und nachher zwischen 172, 184, 180 und 165^{mm}.

Also wiederum durch die Einspritzungen dieselbe Höhe wie in den vorigen Versuchen. Nur ist das vorübergehende Druckmaximum hier etwas grösser, insofern es 184^{mm} betrug; das Versuchsthier war aber ein sehr grosses und kräftiges.

Der Lymphstrom dagegen verhielt sich ganz anders als im vorigen Versuche. Bereits vor den Einspritzungen war die Geschwindigkeit desselben eine sehr erhebliche; in jenem Versuche 6,2 Ccm. in 20 Minuten, in diesem Versuche 14 Ccm. im Laufe von 8 Minuten. *) Während der Serumseinspritzungen nahm sie eher ein wenig ab, indem je 15 Ccm. (Glas 3 und 4) im Laufe von 10 und 8 Minuten ausflossen, von da an während und nach den Bluteinspritzungen kam es zu einer unverkennbaren Steigerung; indem je 15 Ccm. (Glas 5 und 6) nur 5 bis 6 Minuten in Anspruch nahmen. Eine deutliche Nachwirkung war kaum bemerkbar; die letzten 60 Ccm. erforderten 27 Minuten, also je 15 Ccm., im Durchschnitt etwa 8 Minuten, demnach ganz ebenso wie vor den Einspritzungen.

Eine Regelmässigkeit der Beziehungen zwischen dem Druck und der Geschwindigkeit des Lymphstromes war ebenso wenig wie im vorigen Versuche zu bemerken.

Analyse der Lymphe. Mit Ausnahme derjenigen im Glase 1 war die Lymphe durchweg röthlich gefärbt. Sie wurde auf die Centrifuge gebracht, das so gewonnene Serum, besonders der ersten vier Gläser, gerann nachträglich mehrere Male und musste desshalb nochmals centrifugirt werden.

Die festen Rückstände des Lymphserums wurden mit Berücksichtigung der gewöhnlichen Cautelen bestimmt.

---

*) Dieser Unterschied ist vielleicht z. Th. scheinbar und mahnt zur Vorsicht in der Beurtheilung der Ergebnisse des vorigen Versuchs. Es ereignet sich nicht selten, besonders im Anfange des Versuches, dass kleine Gerinnsel in der Lymphcanüle die Ausflussgeschwindigkeit verzögern. Obwohl ich die Ausflussmenge der Lymphe erst dann notirte, wenn ich mich von der Abwesenheit der Coagula in der Canüle, und von dem freien Ausfluss der Lymphe überzeugt hatte, so ist es doch möglich, dass vereinzelte kleine wegen ihrer Durchsichtigkeit nicht leicht bemerkbare Coagula das Lumen im vorigen Versuche mehr oder weniger verengert und dadurch das Ausfliessen verzögert hatten, bis sie durch den verstärkten Lymphstrom fortgerissen wurden.

Lymphe vor den Einspritzungen.

5 Ccm. des Lymphserums in Glas 1 und 2 gaben 0,2664 Grm. = 5,33 p. C. feste Bestandtheile.

Lymphe während der Einspritzungen von Serum.

5 Ccm. des Lymphserums in Glas 3 und 4 gaben 0,299 Grm. = 5,98 p. C fester Bestandtheile.

Lymphe während der Bluteinspritzungen.

5 Ccm. des Lymphserums in Glas 5 und 6 gaben 0,3407 Grm. = 6,81 p. C. fester Bestandtheile.

Nachträgliche Lymphe.

5 Ccm. d. Lymphserums in Glas 7 u. 8 gaben 0,454 Grm. = 6,91 p. C.
5 ,, ,, ,, ,, ,, (11) 12 ,, 13 ,, 0,309 ,, = 6,18 p. C.
5 ,, ,, ,, ,, ,, (14) 15 ,, 16 ,, 0,3315 ,, = 6,63 p. C.
fester Bestandtheile.

Die Zusammensetzung des Lymphserums ist also ganz in demselben Sinne wie im vorigen Versuche verändert, das Serum der nach den Einspritzungen ausgeflossenen Lymphe enthält mehr feste Bestandtheile.*)

Die Section geschah 20 Stunden nach dem Tode des Thieres, dasselbe wurde inzwischen auf Eis bewahrt.

Die Ergebnisse waren beinahe dieselben wie im vorigen Versuche. In der Bauchhöhle fanden sich 70 Ccm., in den Pleurasäcken etwa 20 Ccm. blutigen Exsudates. Der Herzbeutel war leer.

Bevor ich zur Mittheilung eines neuen Versuches übergehe, werde ich einen kurzen Ueberblick auf die Druckänderungen bei den Thieren mit unversehrtem Rückenmark werfen und dieselben mit den entsprechenden bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark vergleichen.

Eine Uebersicht der Druckänderungen mit unversehrtem Rückenmark ergiebt:

*) Dass das Serum der Lymphe, welche während der Serumseinspritzungen ausgeschieden wurde, eine geringere Menge fester Bestandtheile als das Serum der Lymphe während und nach den Bluteinspritzungen enthielt, ist vielleicht durch eine Beimischung von ursprünglicher Lymphe bedingt; selbstverständlich lässt sich aber aus einem einzelnen Versuche Nichts schliessen. — Interessant ist der Unterschied des Lymphserums dieses Versuchs und desjenigen nach der Durchschneidung des Rückenmarkes. Im letzteren Falle betrug der Rückstand des während der Einspritzungen gewonnenen Lymphserums ca. 8,5 p. C., hier dagegen nur 6,7 p. C.

Der Zuwachs, der sich vom Beginn bis zum Ende einer Einspritzung einstellt, kann positiv oder negativ werden. Er verhält sich durchaus regellos.

Unmittelbar nach der Vollendung der Einspritzung — von 7 bis zu 50 Secunden — pflegt ein weiteres Anwachsen des Mitteldrucks einzutreten. Dieses ist jedoch öfter so unbedeutend, dass das regelmässige Vorkommen desselben zu bezweifeln ist.

Hieraus folgt, dass der Mitteldruck mit dem zunehmenden Quotienten aus dem vermehrten Blutvolum in das Körpergewicht ebensowohl sinken als steigen kann.

Diese Unregelmässigkeit wird jedoch durch die eine Regel beschränkt, dass der Mitteldruck einen gewissen Werth z. B. 160—170 ^{mm} nicht überschreiten kann, dass er aber, insofern er irgend einmal unter diesem stand, durch die Einspritzungen rasch auf ihn gehoben wird. So wird also je nach den Umständen eine Vermehrung des Quotienten um ganz verschiedene Werthe (z. B. von Null bis zu 8 Prozent, von Null bis zu 3 Prozent u. s. w.) diesen höchsten Mitteldruck hervorbringen, von da ab wird eine weitere Zunahme jenes für den letztern gleichgültig.

Nach der Durchschneidung des Halsmarkes (mögen nn. vagosympathici unversehrt oder durchschnitten sein) war der positive Zuwachs während der Einspritzungen eine ziemlich regelmässige Erscheinung; die Grösse des Zuwachses nach den Einspritzungen dagegen inconstant; die Höhe, auf welche der Druck durch die Bluteinspritzungen dauernd gehoben werden konnte, lag an der unteren Grenze des gewöhnlichen Normaldruckes, nämlich auf 100, 120 oder 130 ^{mm}. Dieser Unterschied zwischen den Ergebnissen beider Versuchsreihen kann im Wesentlichen nur durch die verschiedene Innervation der Gefässe bedingt sein.

2. Der Vermehrung des Blutes geht ein Aderlass voraus.

Der Aderlass erfolgte

a) am vorher unveränderten Thiere;

b) an einem Thiere, dem schon vorher Blut eingespritzt gewesen.

Versuch VIII. Körpergewicht 5,02 Kilogramm. Einspritzung nach vorhergegangener Entleerung am unveränderten Thiere.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse im Laufe d. Zeit vor d. Einspritzung.	Druck unmittelbar vor d. 1. Einspritzung (0)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	
Rechte a. carotis mit Hg-Manometer verbunden, in rechte v. jugularis eine Canüle. Der Druck schwankte zwischen 153-131mm. In linke a. carotis eine Canüle und Blut aus derselben entleert. Es wurden 4 Blutentleerungen von je 50Ccm. gemacht, also im Ganzen 200 mm Blut entzogen. Am Schlusse der letzten Entleerung sank der Druck auf 49mm u. blieb darauf in d. folgenden 7 Minuten fast unverändert stehen. Die Abnahme der Blutmenge in pC. des Körpergew. ausgedrückt betrug 3,38.		48	62	74	105	125	117	137	149	159	159	157	157	162	163	163	159	159	Druck (in Mm.) a. Schlusse jeder Einspritzung.
			13	19	15	12	— 3	— 11	— 2	+ 2	+ 6	— 4	— 6	— 3	0	— 4	— 1	— 5	Druckdifferenz unmittelb. vor u. am Schlusse jeder Einspritzung.
		29	28	29	28	32	30	31	28	29	30	29	27	30	27	31	29	28	Die Zeitdauer jeder Einspritzung in Secunden.
		75	64		115									168		170		162	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
		49	4		2									38		55		27	Die Zeit dieses Druckes gerechnet v. Ende jeder Einspritzung.
	48 Defibrinirtes Blut (36—37° C.) eingespritzt.	49	55	90	113	120	148	151	157	153	161	163	165	163	167	160	165	159	Der Druck unmittelbar vor d. Wiederbeginn jeder Einspritzung.
		116	117	114	114	97	146	123	156	90	122	126	123	125	125	124	109	95	Die Zeit dieses Druckes gerechnet v. Ende jeder Einspritzung.
		0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,80	7,48	8,16	8,84	9,52	10,2	10,88	11,56	Die Zunahme d. Blutmenge in pC. des Körpergew. ausgedrückt.*)

*) Da 3,38 vor den Einspritzungen entzogen waren, so betrug die wirkliche Zunahme nach den Einspritzungen 11,56 — 3,38 = 8,18 p.C.

Nach der Entleerung von 200 Ccm. Blut sank der ursprüngliche Druck von 153 bez. 131 mm auf 49 bis 48 mm. Es wurden nun im Ganzen 680 (17×40) Ccm. Blut eingespritzt. Die Zeitdauer jeder Einspritzung betrug ca. 30 Secunden, die Intervalle zwischen je zweien 1,5 bis 2,5 Minuten.

Während der ersten 8 Einspritzungen, in deren Laufe die Excursionen der Pulse immer grösser wurden, stieg der Druck, einige Schwankungen abgerechnet, fast continuirlich bis auf das Maximum des ursprünglichen; das beobachtete Maximum des ursprünglichen Druckes betrug 153 mm, der Druck vor VIII 151, vor IX 159 mm. — Die folgenden 9 Einspritzungen dagegen brachten keine erhebliche Veränderung hervor; abgesehn von einer vorübergehenden Steigerung auf 170 mm war am Schlusse von XVII der Druck 159 mm, 27 Secunden nach XVIII war der Druck 162 mm, und 159 Secunden nach XVII 159 mm.

Die Steigerung durch die ersten Bluteinspritzungen bietet eine gewisse Analogie mit den Erscheinungen, welche die Blutinjectionen bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark hervorbrachten. In diesen Versuchen war der Inhalt unverändert geblieben, die Nachgiebigkeit der Gefässwände dagegen bedeutend vermehrt und desshalb die Carotidenspannung vor den Einspritzungen sehr gering. Mit der Zunahme der Füllung durch die Einspritzungen stieg der Druck bis zu den niederen Grenzen der vor dem Durchschneiden des Halsmarkes vorhandenen Spannung; die weitere Zunahme brachte keine wesentliche Steigerung des Drucks hervor. In unserem jetzigen Versuche war der Inhalt durch die vorherigen Entleerungen um 200 Ccm. vermindert, die Spannung desshalb tief herabgesunken. Mit der Zunahme der Füllung durch die Einspritzungen stieg der Druck fortwährend und er erreichte nach der Einspritzung von 200 bis 240 Ccm. die niederen Grenzen der ursprünglichen Spannung, indem er vor VI 120 mm, vor VII 148 mm betrug. Von nun an tritt ein merkbarer, obwohl nicht sehr augenfälliger Unterschied hervor. Während die Drucksteigerung nach der Durchschneidung nicht höher ging, stieg hier der Druck fortwährend bis zu oder vielleicht ein wenig oberhalb der höheren Grenzen der ursprünglichen Spannung; von nun an fand mit weiterer Zunahme der Füllung keine Steigerung der arteriellenSpannung statt.

Im Wesentlichen ebenso gestaltete sich der folgende Versuch.

Versuch IX. Körpergew. 6,24 Kilogr. Einspritzung nach vorhergehender Entleerung am unversehrten Thiere.

Versuchsanordnungen und Druckverhältnisse im Laufe der Zeit vor der Einspritzung.	Druck unmittelb. vor der ersten Einspr. (O)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Zahl der Einspritzungen.
In die rechte vena jugularis eine Canüle. Rechte a. carotis mit Hg.-Manomet. verbunden. Der Druck schwankte zwischen 162 bis 154 mm. In linke a. carotis eine Canüle u. Blut aus derselben entleert. Es wurden 4 Blutentleerungen von je 50 Ccm. gemacht, also im Ganzen 200 Ccm. Blut entzogen. Nach der letzten Entleerung sank der Druck auf 51 und blieb darauf in den folgenden 3,5 Min. fast unverändert stehen.		63	60	88	121	128	130	147	143	136	149	155	153	147	Druck (in Millimetern) am Schlusse jeder Einspr.
		29	30	28	32	30	28	28	29	29	30	36	29	30	Die Zeitdauer jeder Einspritzung (in Secunden).
		77			125		144				153	161	157	156	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
		27			36		30				12	25	8	8	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
	51	55	67	106	122	134	138	140	124	143	148	149	139	139	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn jeder Einspritzung.
		152	172	157	120	124	117	219	103	128	105	130	685	462	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Einspritzung.
Die abgelassene Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt betrug 3,2.		0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40	7,04	7,68	8,32	Die Zunahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.*)

*) Da 3,2 p.C. vor den Einspritzungen entzogen waren, so betrug die wirkliche Zunahme nach den Einspritzungen 5,12 p.C. (8,32—3,20 p.C.).

Nach der Entleerung von 200 Ccm. Blut sank der ursprüngliche Druck (162 und 154 mm) auf 51 mm. Es wurden im Ganzen 520 (13 × 40) Ccm. Blut eingespritzt. Jede Einspritzung dauerte 30 Secunden, die meisten Intervalle 2 bis 3 Minuten.

Während der ersten sieben Einspritzungen, in deren Laufe die Excursionen der Pulse immer grösser wurden, stieg der Druck fast continuirlich bis annähernd auf die Höhe des ursprünglichen. Der Druck am Schlusse der siebenten Einspritzung betrug 147 mm, im Intervalle zwischen der 7. und 8. Einspritzung sank er auf 140 mm. Dieser Versuch ist insofern interessant, als er uns zeigt, dass die öfter beobachtete Verschiedenheit des maximalen Druckes, den ein Thier erreicht, je nachdem sein Rückenmark unversehrt oder durchschnitten war, keine durchgreifende ist. Ebenso wie bei den Versuchsthieren mit durchschnittenem Halsmark, lag hier der höchste Werth auf welchem sich der Druck dauernd zu erhalten vermochte bei 139 mm (685 Secunden nach XII und 462 Secunden nach XIII), also an den niederen Grenzen des ursprünglichen. Demnach ist zu vermuthen, dass der wesentliche Einfluss, welcher durch die Durchschneidung des Halsmarkes eliminirt wird, auch in diesem Versuche während der Einspritzungen aus irgend einer Ursache geschwächt worden ist. Es wurde nun, nachdem ich zuerst, um vorläufige Aufschlüsse über die Füllung des Gefässsystems zu erhalten, wiederum Blutentleerungen (150 Ccm.) ausgeführt hatte, die Reizbarkeit des Gefässnervensystems geprüft. Da aber diese Prüfung keine deutliche Abnahme der Reizbarkeit ergab, hielt ich es für geboten, das Ergebniss dieses Versuchs dadurch zu controliren, dass ich nach den Entleerungen wiederum Einspritzungen ausführte und die beobachteten Druckänderungen mit den eben erwähnten verglich. Dieser Theil des Versuches gehört unter die Reihe, wo

b) der Vermehrung des Blutes ein Aderlass vorausgeht, nachdem schon vorher Blut eingespritzt gewesen.

Fortsetzung des Versuchs IX. Entleerung, Curare, wiederum Einspritzung.

Durch die vorhergehenden Einspritzungen war ein Ueberschuss an Blut von 5,12 p. C. des Körpergewichts eingeführt.

Versuchsanordnungen und Druckverhältnisse vor der Wiederholung der Einspritzungen.	Druck unmittelbar vor der Einspritzung (0)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	10 Ccm. eingespritzt.	Zahl der Einspritzungen.
Es wurde von Neuem Blut durch a. carotis entleert; die Entleerung betrug 150 Ccm. Der Druck sank von 139 auf 48, hob sich aber nachher auf 60—70mm. Es wurde ein Zweig des n. tibialis posticus durchschnitten und das centrale Ende desselben gereizt. Curare eingespritzt. Künstliche Respiration. Respiration unterbrochen. Während der Erstickung stieg der Druck in die Höhe und betrug vor der ersten Einspritzung 107mm. Die ersten zwei Einspritzungen geschahen während der Erstickung; zwischen II und III wieder künstliche Respiration eingeleitet.		106	114	94	100	104	117	119	130	135	131	Druck am Schlusse jeder Einspritzung.
		0 — 10	+ 20	8	9	21	14	15	15	3		Die Differenz d. Drücke vor u. am Schlusse jeder Einspritzung.
				10	10	12	14	12	12	10	10	Die Zeitdauer jeder Einspritzung.
	Künstliche Respiration unterbrochen.		Künstliche Respiration eingeleitet. Druck unmittelbar vorher 82.	99	109	110	124	118	126		134	Der Maximaldruck nach jeder Einspritzung.
				15	12	6	12	16	16		20	Die Zeit dieses Druckes gerechnet v. Ende jeder Einspritzung.
	106	124	74	92	93	96	105	115	121	128	117	Der Druck vor dem Wiederbeginn der Einspritzung.
	Defibriuirtes Blut (36° C.) eingespritzt.	23	111	42	41	32	147	57	46	47	60	Die Zeit dieses Druckes gerechnet v. Ende jeder Einspritzung.
Die Abnahme der Blutmenge (durch Entleerung von 150 Ccm.) in Prozenten des Körpergewichtes ausgedrückt betrug 2,56 p.C. Da vor der Entleerung ein Ueberschuss von Blut = 5,12 eingeführt war, so restirte also nach den Entleerungen ein Ueberschuss von 2,56 p.C.		0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,80	4,48	5,12	5,76	5,82	Die Zunahme der Blutmenge durch die Einspritzung in Prozenten des Körpergewichtes ausgedrückt.
												Vor den Einspritzungen ein Ueberschuss von 2,56 p. C. Durch die Einspritzungen ein solcher von 5,82 p. C. Nach den Einspritzungen also ein Ueberschuss v. 8,18 p. C.

Die Erscheinungen, welche im Laufe dieses Versuchs auftreten, verdienen einer genaueren Beschreibung. Nach den Entleerungen von 150 Ccm. Blut, die auf die vorhergehende Füllung folgten, war der Druck tief herabgesunken auf 60 bis 70 mm, trotzdem dass, wie die Versuchstabelle genauer zeigt, im Ganzen noch ein Plus von 2,56 p.C. über die ursprüngliche Blutmenge eingeführt war. Es erschien mir darum dieser Zeitmoment ein passender zu sein, um die Reizbarkeit des Gefässsystems zu prüfen. Zu dem Ende suchte ich zunächst die Erfahrungen über den Einfluss der Reizung des centralen Endes durchschnittener sensibler Nerven auf den Blutdruck zu verwerthen. Bekanntlich haben die Reizungen der centralen Enden durchschnittener sensibler durch Reflex auf die vasomotorischen Nerven für gewöhnlich eine erhebliche Drucksteigerung zur Folge. Es schien mir demgemäss der Prüfung werth, ob eine solche Reizung hier eine Steigerung hervorbringen würde, wo der Druck tief herabgesunken war, trotzdem dass das Thier mehr Blut empfangen als abgegeben hatte. Es wurde ein kleiner Zweig des n. tibialis posticus herauspräparirt, ein Faden herumgelegt, der Zweig durchschnitten und das centrale Ende 19 Secunden hindurch mittelst des *du Bois*'schen Schlittenapparates (grosser Grove, Rollenabstand 18 Centimeter) gereizt; während der Reizung stieg der Druck von 70 mm auf 92, auf 97, auf 106 mm, sank aber kurze Zeit nach der Reizung auf 70 mm. Die Steigerung war also deutlich, aber nicht ungewöhnlich hoch.

Dieses Experiment verlor indessen dadurch an Werth, dass störende Complicationen auftraten. Während der Reizung war der Hund sehr unruhig; der Puls wurde deutlich langsamer (vor der Reizung 47 P. in 20 Secunden, während der Reizung 37 P. in 20 Secunden und unmittelbar nach der Reizung 44 P. in 20 Secunden). Um diese Complicationen möglichst zu beseitigen, wurde die trachea geöffnet, Curare durch die vena jugularis eingespritzt und künstliche Respiration eingeleitet; 7 bis 8 Minuten nach Einleitung derselben war der Druck 55 mm. Hierauf wurde eine neue Stelle des Nerven wiederum 45 Secunden hindurch gereizt (Rollenabstand 15 Centimeter), der Druck stieg während der Reizung auf 60 bis 65 mm, sank aber sofort nachher auf 47 und 49 mm.*) — Abermals wurde

*) Pulsfrequenz vor der Reizung 51 P. in 20 Secunden, während der Reizung 54 P., nach der Reizung 52 und 57 P. in 20 Secunden.

eine neue Stelle des Nerven (33 Secunden hindurch) gereizt, der Druck stieg von 47 mm auf 73 bis 77 mm, sank aber sofort nachher auf 60 mm. Die Drucksteigerung war also eine deutliche, aber ziemlich geringe.

Es ist aber hier zu bemerken, dass man kein allzugrosses Gewicht auf die Höhe des Ansteigens nach der Reizung sensibler Nervenästchen legen darf, weil es eine bekannte Erfahrung ist, dass die Wirkung bei diesen Versuchen höchst verschieden ausfällt. Ich zog es desshalb vor, um über die Grösse der möglichen Steigerung etwas Bestimmtes zu erfahren, im Laufe des Versuchs die Druckänderung während der Erstickung, welche einen mächtigen allgemeinen Einfluss auf das Gefässsystem ausübt, zu beobachten.

Fast unmittelbar nach der letzten Reizung wurde die Respiration sistirt; während der drei Minuten dauernden Erstickung stieg der Druck von 54 mm continuirlich und allmälig auf 144 mm fing aber in den letzten 20 Secunden an zu sinken (auf 140 und 141 mm). Die Erstickung brachte also einen viel bedeutenderen Effect als die Reizung sensibler Nerven hervor, indem sie den Druck fast bis zum Normalwerth steigerte. Dies wäre ein Beweis der vollständigen Reizbarkeit des Gefässsystems gewesen, wenn keine Bluteinspritzungen den Blutentleerungen vorangegangen wären; da aber im Ganzen ein Ueberschuss von Blut eingeführt war, würde selbstverständlich nur eine Steigerung über den ursprünglichen Druck hinaus, wie es bei unversehrten Thieren während der Erstickung der Fall ist, vollständig entscheidend gewesen sein. Die Bedingungen für eine Steigerung bis zu diesem Grade sind allerdings sehr ungünstig, wenn der Druck sehr herabgesunken ist, weil dann während der Erstickung eine längere Zeit vergehen muss, bevor der Normaldruck erreicht wird; ehe dieses geschieht tritt aber dann gewöhnlich die starke Reizung des Vagus auf. So waren hier vor der Erstickung 60 P. in 20 Secunden, in der letzten Zeit während der Erstickung 15, 17, 18 P. in 20 Secunden, wodurch das weitere Steigen eine Beeinträchtigung erleidet.

Somit ist durch diese Beobachtungen die Reizbarkeit des Gefässsystems constatirt, eine Abnahme derselben keineswegs bewiesen, aber auch nicht mit absoluter Sicherheit widerlegt.

Nach der Erstickung wurde künstliche Respiration einge-

leitet; der Druck stieg momentan im Laufe von 7 bis 8 Secunden auf **206** und **220** mm, sank aber nach 14 Secunden auf 134 mm und ging nun allmälig im Laufe von 2,5 Minuten auf 55 mm herab. Dass der Druck plötzlich mit der Einleitung der Respiration auf 206 bis 220 mm stieg, ist insofern interessant, als es darauf hinweist, dass eine starke Blutfüllung der Lunge vorhanden war, die wir durch frühere Sectionsbefunde erwiesen haben.

Es wurde nun wieder die Respiration sistirt und während der Erstickung Blut eingespritzt, in der Absicht, die nun eintretenden Druckänderungen mit den entsprechenden früheren zu vergleichen, und vielleicht dadurch den Grad der Reizbarkeit des Gefässnervensystems sicherer festzustellen. Etwa 1,75 bis 2 Minuten nach dem Wiederbeginn der Erstickung stieg der Druck auf 109 bis 114 mm, sank aber in der folgenden Minute auf 107 mm. Obwohl eine starke Reizung des Vagus eingetreten war (im Momente der Erstickung 53 P. in 20 Secunden, 2 bis 3 Minuten nachher 14 P. in 20 Secunden), obwohl das Sinken darauf hindeutete, dass eine nachhaltige continuirliche Drucksteigerung nicht zu erzielen war, dass also die Einspritzungen während der Erstickung keinen Aufschluss geben würden, hielt ich es doch der Mühe werth, den Versuch auszuführen. Der Druck vor I war 106 mm, während der ersten Einspritzung blieb der Druck so gut wie unverändert, stieg aber nachher auf 124 mm, während II Abnahme auf 114 mm, in den folgenden 20 Secunden nach II Sinken auf 92 mm; ein hinlänglicher Beweis dafür, dass eine andauernde Drucksteigerung auf diese Weise nicht zu erzielen war. Es wurde nun wiederum künstliche Respiration eingeleitet, 1,5 Minute nachher war der Druck gesunken auf 74 mm. Derselbe stieg nun mit den folgenden Einspritzungen, in deren Laufe die künstliche Respiration continuirlich fortgesetzt wurde, allmälig in die Höhe und betrug vor IX 121 mm, von da an keine augenfällige Steigerung; vor X 128 mm, 60 Secunden nach den letzten 10 Ccm. 117 mm. Die Effecte waren also im Wesentlichen ebenso wie früher, nur schien die Druckgrenze, oberhalb welcher keine weitere Steigerung stattfand, eine noch geringere zu sein, ungefähr derjenigen bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark entsprechend.

Wir glaubten im ersten Theile dieses Versuchs die Ursache der damals erreichten, im Verhältnisse zu den früheren Ver-

suchen niedrigeren Druckgrenze möglicherweise auf eine Parese des Gefässnervensystems zurückführen zu können. Dies wurde aber durch die Reizungsversuche nicht bestätigt und ist durch den weiteren Verlauf des Versuchs so gut wie widerlegt. Bei der Wiederholung der Einspritzungen war, wie wir eben sahen, die Druckgrenze noch niedriger; die Reizbarkeit des Gefässsystems dagegen nicht merkbar verändert.

Nach der letzten Einspritzung wurde das Thier zweimal hintereinander erstickt, der Druck stieg das eine Mal von 118 auf 147 mm, das andere Mal von 121 auf 152 mm. Als der Druck diese Höhe erreichte, trat die starke Reizung des n. vagus ein. Vor dieser letzten Erstickung 62 P. in 20 Secunden. Es beweist dies, dass die Reizbarkeit des Vagus und des Gefässnervensystems trotz aller Eingriffe eine sehr deutliche und jedenfalls im Wesentlichen eine vollständige war. Auch die Herzthätigkeit schien nicht alterirt zu sein.

Die Section wurde unmittelbar nach dem Tode des Thieres ausgeführt. In der Unterleibshöhle 30 Ccm. röthlichgelbes flüssiges z. Th. geronnenes Exsudat. Die Leber und die Nieren stark injicirt. In der Magenwand eine grössere Anzahl linsengrosser Ecchymosen. — Die grösseren Venen im Unterleib stark gefüllt. Keine merkbare Exsudation in cav. pleurae et pericardii. Die Lungen congestionirt, im Parenchyme derselben zerstreute erbsengrosse Ecchymosen (z. Th. Embolien). Die Extremitäten weder injicirt, noch serös infiltrirt, die Muskeln und Haut von normalem Aussehen, nur hie und da eine stark gefüllte Hautvene.

Am Schlusse dieser Abtheilung erscheint eine kurze Uebersicht der hier beobachteten Druckänderungen wünschenswerth, um die Orientirung zu erleichtern; ausserdem werde ich eine tabellarische Zusammenstellung der Pulsfrequenz in diesen Versuchen folgen lassen, um dem Leser das vollständige Material in die Hand zu geben.

In diesen Versuchen waren die Erscheinungen des Druckes ein wenig verschieden, je nachdem das Thier vorher die normale Blutmenge besass, oder Blut verloren hatte.

a) Wenn den vorher unveränderten Thieren 3,2 resp. 3,7 p. C. des Körpergewichts Blut entzogen worden war, so stieg mit der abermaligen Zufügung von 3,5 resp. 4 p. C. der Druck während der Einspritzungen und von einer zur anderen dauernd

und erreichte die Höhe des ursprünglichen Normaldruckes. Von nun an traten bei den folgenden Einspritzungen die in der vorigen Abtheilung (bei Thieren mit unversehrtem Rückenmark) betrachteten Erscheinungen ein.

b) Wenn der Aderlass an einem Thiere vorgenommen wurde, dem vorher schon Blut eingespritzt gewesen, so bewirkten in diesem Versuche die nun folgenden Einspritzungen zwar eine Steigerung des Druckes, aber die Steigerung während der Einspritzungen war im Allgemeinen etwas geringer und sank erheblicher in der zwischen je zwei Einspritzungen liegenden Zeit, so dass schliesslich, trotzdem dass der Prozentgehalt des Thieres an Blut bedeutend mehr als nach der ersten Serie von Einspritzungen betrug, doch eine niedrigere Druckgrenze erreicht wurde.

Die Pulsfrequenz giebt keine weiteren Auskünfte, warum ich mich einer genaueren Erörterung enthalte und nur die Zahlen tabellarisch zusammenstelle.

Aenderung der Pulszahlen mit der Einspritzung nach vorhergehender Entleerung.

Versuch IX. Körpergew. 6,21.
Vor der Entleerung 65 Pulse in 20 Sec.

	Pulse in 20 Secunden. Während der Einspritzung	Pulse in 20 Secunden. Nach der Einspritzung
0	41	
I	40	43 38
II	39	41 37
III	38	36
IV	32,5	32 34
V	32	32 37
VI	36	38 39
VII	37	38 49
VIII	42	37
IX	40	40 39
X	38	37
XI	37	41 38
XII	36	37 43
XIII	42	46

Entleerung. Curare. Kunstliche Respiration. Erstickung.

	Während der Einspritzung	Nach der Einspritzung
I	44	44 48
II	20	20 Res. 30 73
III	70	62
IV	54	52 61
V	62	59 50
VI	58	56 58
VII	60	59 61
VIII	56	58
IX	60	58
X	60	60

Versuch VIII. Körpergew. 5,92.
Vor der Entleerung 64—60 Pulse in 20 Sec.

	Pulse in 20 Secunden. Während der Einspritzung	Pulse in 20 Secunden. Nach der Einspritzung
0	59	
I	56	65 37 68
II	64	64 61
III	57	60
IV	47	40 36
V	30	26
VI	29	26 27
VII	30	32 30
VIII	32	34 39
IX	39	40 35
X	38	44 40
XI	44	44
XII	45	45,5
XIII	47	47,5
XIV	52	49
XV	53	50
XVI	50	50
XVII	52	52

II.

Ueber die Aenderung des Druckes an a. carotis mit der Abnahme des Körpergewichts in Blutprozenten.

Die Aufgabe besteht hauptsächlich darin, die Druckänderungen nach Aderlässen beim Thiere mit unveränderter und mit vermehrter Blutmenge unter einander zu vergleichen, um dadurch die gewünschten Aufschlüsse über den Füllungsgrad des Gefässsystems nach den Einspritzungen zu bekommen.

Ich stelle Versuch VIII *) als Musterbeispiel voran, weil der Unterschied der durch die Aderlässe herbeigeführten Druckänderungen vor und nach den Einspritzungen hier am augenfälligsten war und schon durch diesen Versuch allein der Füllungsgrad des Gefässsystems nach den Einspritzungen sich gut beurtheilen lässt.

*) Die Druckänderungen durch die Bluteinspritzungen in diesem Versuche sind auf Seite 614 und ff. mitgetheilt und besprochen.

Versuch VIII. Körpergew. 5,29 Kilogr. Aderlass, Einspritzungen, wiederum Aderlass.

Aderlass vor der Einspritzung. Aderlass nach der Einspritzung.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse vor d. Entleerung.	Druck unmittelb. vor der Entleerung. (0)	I	II	III	IV	Zahl der Entleerungen vor den Einspritzungen. Jede Entleerung betrug 50 Ccm.	Druck unmittelb. vor d. Wiederbeginn d. Entleerung. (0)	I	II	III	IV	V	Zahl der Entleerungen nach den Einspritzungen. Jede Entleerung betrug 50 Ccm.
Rechte a. carotis geöffnet mit Hg.-Manometer verbunden, in d. rechten vena jugularis eine Canule. Der Druck schwankte zwischen 153 bis 130 mm. In der linken a. carotis eine Canüle und Blut durch dieselbe entleert.		57	92	54	49	Druck am Ende jeder Entleerung.		146	114	86	78	60	Druck am Ende jeder Entleerung.
		—73	59	77	63*	Differenz der Drücke unmittelbar vor u. am Ende jeder Entleerung.		39	47	50	51		Differenz der Drücke unmittelbar vor und am Ende jeder Entleerung.
		10	8	11	44	Die Zeitdauer (in Sec.) der Entleerung.		7	7	7	7,5	9	Die Zeitdauer (in Secunden) jeder Entleerung.
		161	136	99	52	Der Maximaldruck innerhalb d. ersten 20 Sec. nach jeder Entleerung.		157	119	99	102	80	Der Maximaldruck innerhalb der ersten 20 Sec. nach jeder Entleerung.
		8	20	8	10	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Entleerung.		4	9	14	17	14	Die Zeit dies. Druckes gerechn. vom Ende jeder Entleerung.
	130	151	129	112	48	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn d. Entleerung.	158	153	130	128	121	115	Der Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Entleerung.
		136	122	131	252	Die Zeit dieses Druckes gerechn. vom Ende jeder Entleerung.		160	118	198	248	198	Die Zeit dies. Druckes gerechn. vom Ende jeder Entleerung.
		0,92	1,88	2,82	3,76	Abnahme d. Blutmenge in Prozenten d. Körpergew. ausgedrückt.		0,94	1,88	2,82	3,76	4,70	Abnahme der Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.
													Es war also noch ein Ueberschuss von 2,93 p. C. eingeführt, Eingespr. Blutmenge = + 11.39; D. ersten Aderlässe = — 3.76; - wiederh. - = — 4.20; Ueberschuss = 2.93%

*) Unmittelbar nach der dritten Entleerung treten vorübergehende Krämpfe (Verblutungskrämpfe) auf.

Um den Unterschied der durch die Aderlässe herbeigeführten Aenderungen vor und nach den Einspritzungen bestimmen zu können, ist zunächst eine genaue Analyse der Erscheinungen der Blutentleerungen vor den Einspritzungen erforderlich.

Die Aenderungen, welche während und unmittelbar nach der Entziehung von Blut eintreten, sind verständlich. Während des Aderlasses sank der arterielle Druck rasch ab, da durch ihn der Inhalt der Aorta entleert wurde. Nach wieder eingetretener Verschliessung der a. carotis sinistra füllt sich allmälig die Aorta wieder und so wächst der Druck an.

Für die Beurtheilung des Zustandes, in welchem sich der Strom während der Entleerung befand, sind zwei Versuchsdata gegeben 1. die Grösse des Absinkens des Drucks während der Entleerung, 2. die Ausflussgeschwindigkeit der entleerten Blutmenge.

Die Grösse des Absinkens des Drucks während der Entleerung war nicht sehr verschieden. Vor I Druck 130, am Schlusse der ersten Entleerung 57mm, Differenz der Drücke 73mm, vor II Druck 151mm, am Schlusse der zweiten Entleerung 92mm, Differenz der Drücke 59, vor III 129, am Schlusse der dritten Entleerung 53, Differenz 77mm, vor IV 112mm, am Schlusse der vierten Entleerung 49mm, Differenz 63mm.

Die Ausflussgeschwindigkeit dagegen war während der vierten Entleerung eine bedeutend verlangsamte. Die erste Entleerung dauerte 10, die zweite 8, die dritte 11 und die vierte 44 Secunden.*)

Die Entleerung von 100 bis 150 Ccm. = 1,88 bis 2,82 p. C. des Körpergewichtes konnte also geschehen ohne eine bedeutende Aenderung der Geschwindigkeit des Ausflusses; von nun an trat bei der weiteren Entziehung von 50 Ccm. eine sehr bedeutende Verlangsamung des Ausfliessens ein; indem sich während der vierten Entleerung die Ausflussgeschwindigkeit um das Vierfache minderte.

Obwohl der Zustand des Gefässsystems nach der Entleerung sich nicht allein in dem Druck spiegelt, welcher einige Minuten nach jener vorhanden ist, sondern auch durch den zeitlichen

*) Die Ausflussgeschwindigkeit wurde in der Mehrzahl der Versuche bei den ersten Entleerungen absichtlich ein wenig verzögert, bei den folgenden, wenn die Geschwindigkeit deutlich abnahm, dagegen nicht.

Verlauf des Emporsteigens,*) so will ich doch die Betrachtung des letztern ausser Frage stellen, weil die Bedingungen, von denen die zeitliche Aenderung des Drucks abhängt, sehr verwickelte sind. Ich werde mich also auf die Betrachtung des Drucks beschränken, der einige Minuten nach der Entleerung vorhanden ist.

Diese zeigt, dass eine Blutentziehung von 100 bis 150 Ccm. = 1,88 bis 2,82 p. C. des Körpergewichtes ertragen werden konnte ohne einen sehr bedeutenden Abfall des Carotidendruckes; 156 Secunden nach I war der Druck 151^{mm}, 122 Secunden nach II 122, 151 Secunden nach III 112. — Wurde aber diese Grenze überschritten, so trat mit weiterer Abnahme der Blutmenge eine bedeutende und dauernde Herabsetzung des Druckes ein; 252 Secunden nach der 4. Entleerung von 50 Ccm., wodurch der Gesammtverlust des Blutes auf 3,76 p. C. des Körpergewichts stieg, betrug der Druck nur 49^{mm} und hielt sich hierauf in den folgenden Minuten. Er betrug also nach der 4. Entleerung nur noch ein Drittel des ursprünglichen. — Die dritte Entleerung bildete gewissermassen die Grenze für das Vermögen des Gefässsystems den Aortendruck in der Höhe des normalen zu erhalten, dieses gab sich auch durch die vorübergehenden (45 Secunden dauernden) Verblutungskrämpfe kund, welche unmittelbar nach derselben auftraten.

Der Vollständigkeit halber theile ich in tabellarischer Zusammenstellung die Aenderungen der Pulszahlen während des wachsenden Blutverlustes mit. Durch sie wird im Wesentlichen bestätigt, was uns aus vielfachen Beobachtungen anderer Experimentatoren bekannt ist. Nach dem Blutverlust wächst zuerst die Schlagzahl, mit noch weiterer Entziehung von Blut aber sinkt sie.

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Entleerung.	Nach der Entleerung.
O	64 u. 60	
I	20	32, 63, 73, 24 u. 58.
II	70	79, 85, 37 u. 75.
III	88	75 u. 72.
IV	71 u. 64	57 - 59.

Ganz anders wirkten die Entleerungen nach den Bluteinspritzungen.

*) Nach der ersten Entleerung stieg der Druck fast momentan von 57 auf 161^{mm}, nach II eine Steigerung um 40^{mm} in 20 Secunden, nach III 45^{mm} in 8 Secunden, nach IV fand so gut wie keine Drucksteigerung statt.

Es waren 680 Ccm. (11,39 p.C. des Körpergewichts) eingespritzt worden, so dass der Blutgehalt des Thiers um 480 Ccm. höher als vor dem ersten Aderlass stand; der Druck schwankte nachher zwischen 157 und 162^{mm} und betrug unmittelbar vor der Wiederholung der Blutentleerung (durch a. carotis sinistra) 158^{mm} — Hierauf begannen die Blutentziehungen, im Ganzen 5, von je 50 Ccm. Am Schlusse des ersten Aderlasses, welcher 7 Secunden dauerte, sank der Druck auf 146^{mm}, hob sich aber nach 2,5 Minuten auf 153^{mm}; am Schlusse der zweiten Entleerung (Dauer derselben 7 Secunden) sank der Druck auf 114^{mm}, stieg aber in den folgenden 2 Minuten auf 130^{mm}, am Schlusse der dritten Entleerung (Dauer derselben 7 Secunden) sank der Druck auf 86^{mm}, stieg aber im Laufe der folgenden 3 Minuten auf 128^{mm}, am Schlusse der vierten Entleerung, welche 7,5 Secunden dauerte, sank der Druck auf 78^{mm} und stieg im Laufe der folgenden 4 Minuten auf 121^{mm}, am Schlusse der fünften Entleerung, welche 9 Secunden dauerte, sank der Druck auf 60^{mm}, stieg aber nun in den folgenden 3,5 Minuten auf 115^{mm}. — Um dem Leser den Verlauf dieses verwickelten Versuches deutlicher als es durch Worte möglich zur Anschauung zu bringen, verweise ich auf Taf. 1, die durch die beigefügten Erklärungen vollkommen verständlich sein wird. Der Unterschied zwischen den Effecten der Blutentleerungen vor und nach den Einspritzungen ist evident. Das Absinken des Drucks während der Entleerung betrug vor den Bluteinspritzungen 60 bis 70^{mm}, nach den Bluteinspritzungen 40 bis 50^{mm}. — Während vor den Einspritzungen jede der ersten drei Blutentleerungen etwa 10 Secunden und die vierte sogar 44 Secunden dauerte, nahmen nach den Einspritzungen die ersten vier Blutungen je nur 7 Secunden und die fünfte 9 Secunden in Anspruch. Vor den Einspritzungen betrug der Druck 3 bis 5 Minuten, nach der vierten Entleerung nur 48^{mm}, jetzt nach den Einspritzungen betrug der Druck 3 Minuten, nach der fünften Blutentleerung 115^{mm}, also ein wenig mehr als der entsprechende Druck nach der dritten Entleerung vor den Einspritzungen.*)

---

*) Nach den Einspritzungen nahm die Pulsfrequenz im Laufe der Entleerungen regelmässiger zu, als vor den Einspritzungen, cfr. folgende Tabelle in der Anmerkung der folgenden Seite.

Berücksichtigt man also nur die Menge des ausgeflossenen Blutes, so zeigt dieser Versuch, dass das Thier nach der Einspritzung einen weit grössern Blutverlust als vor derselben ertragen konnte. Denn während vor der Injection durch einen Blutverlust von 150 Ccm. der Druck auf 115mm herabging, gelangte er nach derselben zu dieser Höhe erst durch einen Blutverlust von 250 Ccm. Daraus wird man — vorausgesetzt dass man sich an die einfachsten Erklärungsgründe hält — schliessen dürfen, dass nach der Einspritzung in der Gefässhöhle selbst mehr Blut als vor ihr gewesen sei. Wie viel dieses Mehr betragen habe, ist aus den Ergebnissen dieses Versuches schon desshalb nicht ersichtlich, weil es ungewiss bleibt, ob derselbe Carotidendruck vor und nach den Einspritzungen auf den gleichen Zustand der mittleren Gefässspannung hinweist. Dieses ist sogar unwahrscheinlich, weil der ganze Verlauf der Druckänderungen bei den Blutentziehungen nach der Einspritzung ein ganz anderer als vor ihnen war. Somit ist es fraglich, ob die fünfte Entleerung nach den Einspritzungen ebenso wie III vor den Einspritzungen die Grenze bildete, bei welcher weitere Aderlässe nicht mehr ertragen wurden. Da die Blutentleerungen in diesem Versuche nicht weiter fortgesetzt wurden, und desshalb ein bestimmtes Urtheil darüber vor der Hand nicht möglich ist, so werde ich die Betrachtungen, welche sich hier anknüpfen, bis auf den folgenden Versuch verschieben, in welchem eine grosse Serie von Blutentleerungen nach den Einspritzungen ausgeführt wurde.

Anmerkung 1. Es wurden 680 Ccm. Blut eingespritzt; vor den Einspritzungen wurden 200 Ccm. Blut entleert, nach den Einspritzungen 250 Ccm. Blut, also zusammen 450 Ccm. Es blieb somit nach der letzten Entleerung ein Plus von 130 Ccm. Blut im Körper zurück. Um das Schicksal dieses Blutes zu ergründen, habe ich einige Zeit nach der letzten Ent-

---

Aenderungen der Pulszahlen mit der Blutentziehung nach der Einspritzung:

	Pulse in 20 Secunden.	
	Während der Entleerung.	Nach der Entleerung.
0	52 u. 51	
I	57	53 u. 62
II	66	64 – 69
III	67	70 – 73
IV	67	75 – 75 u. 72
V	70	73

leerung ca. 30 Secunden hindurch einen starken Druck auf den Unterleib ausgeübt. Die Spannung unmittelbar vorher 99 mm stieg während des Druckes nach 11 Secunden auf 141 mm, sank aber allmälig in den folgenden 19 Secunden und betrug am Schlusse des Druckes 122 mm, nach dem Aufhören desselben sank die Carotidenspannung tiefer als zuvor und betrug 25 Secunden nach dem Aufhören des Druckes 92 mm. Dieser vorübergehende Effect während des Druckes auf den Leib und das tiefe Herabsinken nachher unterhalb der früheren Spannung wiederholte sich in den meisten Versuchen, so oft ich einen Druck auf den Unterleib ausübte; es weist dieses, wie mir scheint, darauf hin, dass die Ueberfüllung in den Unterleibsgefässen keine übermässige war, und dass das Blut sich auch in andere Gefässbezirke vertheilt haben musste.

Anmerkung 2. Um über die Reizbarkeit des Gefässnervensystems nach den Bluteinspritzungen und Blutentleerungen Auskunft zu erhalten, habe ich ebenso, wie im Versuch IX (cfr. pag. 619 bis 621) sensible Nerven gereizt und das Thier erstickt. Die Erscheinungen waren dieselben wie in Versuch IX, so dass ich mich auf eine kurze Beschreibung beschränken kann. Einige Minuten nach der letzten Entleerung wurde n. cruralis herauspräparirt und durchschnitten, das centrale Ende des Nerven mittels der secundären Spirale des *du Bois*'schen Schlittenapparates (1 Grove, Rollenabstand 18 Centimeter) 5 Secunden hindurch gereizt, der Druck stieg während der Reizung von 110 auf 124 mm,*) einige Minuten nachher wiederum eine neue Strecke des Nerven 4 Secunden hindurh gereizt — Rollenabstand 20 Centimeter, der Druck stieg von 111 auf 129 mm.**) — Wiederum Reizung 46 Secunden hindurch, der Druck stieg von 113 auf 145 mm.***) Die Drucksteigerung war also eine deutliche.

Da das Thier während der Reizungen sehr unruhig war, wurde der vollständigen Controle halber Curare eingespritzt und künstliche Respiration eingeleitet und der Nerv 43 Secunden hindurch wieder gereizt (Rollenabstand 24 Centimeter), der Druck stieg während der Reizung von 73 auf 102 mm.†) Bei der wiederholten Reizung einer neuen Strecke des Nerven — 45 Secunden hindurch — stieg der Druck anfangs von 99 auf 126 mm, sank aber in den folgenden 35 Secunden und betrug am Ende der Reizung

*) Der Hund sehr unruhig. Vor der Reizung 65 Pulse in 20 Secunden, während der Reizung $8^1/_4$ Pulse in 5 Secunden (= 42 Pulse in 20 Secunden), nach der Reizung 70 Pulse in 20 Secunden.

**) Vor der Reizung 75 Pulse in 20 Secunden, während der Reizung 12 Pulse in 4 Secunden (= 60 Pulse in 20 Secunden), nach der Reizung 70 Pulse in 20 Secunden.

***) Vor der Reizung 74 Pulse in 20 Secunden, während der Reizung 48 Pulse in 20 Secunden, nach der Reizung 74 Pulse in 20 Secunden.

†) Vor der Reizung 63 und 62 Pulse in 20 Secunden, während der Reizung 66 Pulse in 20 Secunden, nach der Reizung 67 Pulse in 20 Secunden.

99 mm.*) Nach dem Unterbrechen der künstlichen Respiration stieg der Druck von 81 mm auf 155 mm, von nun an Sinken; Pulse vor der Erstickung 65 in 20 Secunden, während der Erstickung 50, 35, 32 in 20 Secunden. Nachdem die künstliche Respiration wieder hergestellt und einige Zeit darauf noch einmal Erstickung eingeleitet war, stieg der Druck von 106 auf 167 mm, Pulse vor der Erstickung 66, während der Erstickung 60, 23, 22 in 20 Secunden. Es war also keine Abnahme der Reizbarkeit des Gefässnervensystems zu bemerken.

*) Vor der Reizung 64 Pulse in 20 Secunden, während der Reizung 56 Pulse in 20 Secunden, nach der Reizung 68 Pulse in 20 Secunden.

Versuch IV. Körpergewicht 3,70 Kilogramm.

Nach vorausgegangener Bluteinspritzung 12 Blutentleerungen, jede derselben zu 30 Ccm.

Versuchsanordnungen und Druckänderungen vor den Entleerungen:

Rechte a. carotis mit dem Hg.-Manometer in Verbindung gebracht. In rechte vena jugularis eine Canüle. 470 Ccm. defibrinirtes Blut (12,7 p. C.) durch die v. jugularis eingespritzt; nach den Einspritzungen schwankte der Druck zwischen 187 bis 162 mm. (Vor derselben hatte er 125 bis 131 mm betragen.)

Den Anfang des Versuchs siehe pag. 597.

Zahl der Entleerungen (jede Entleerung 30 Ccm.)	Druck unmittelbar vor den Entleerungen (0)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Druck am Schlusse jeder Entleerung.		143	138	124	102	64	41	33	33	30	32	29	22
Druckdifferenz unmittelbar vor u. am Schlusse jeder Entleerung.	—	19	15	39	47	71	51	40	27	34	14	8	7
Die Zeitdauer jeder Entleerung in Secunden.		10	5	5	5,5	8,5	14	20	31	37	20	30	82
Druck innerhalb der ersten Secunden nach jeder Entleerung.		172	162	156	112	86	53	41	53	68	40	51	39*
Die Zeit dies. Drucks gerechn. v. Ende jeder Entleerung in Sec.		1	2	7	8	9	16	7	10	10	3	10	13
Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn der Entleerung.	162	153	163	149	135	92	73	60	64	46	37	29	19
Die Zeit dies. Drucks gerechn. vom Ende der Entleerung in Sec.		17	15	15	26	57	204	635	348	44	92	140	200
Die abgelassene Blutmenge in p. C. des Körpergewichts ausgedrückt.		0,81	1,62	2,43	3,24	4,05	4,86	5,67	6,48	7,29	8,10	8,91	9,72

Eingespritzt	12.7 p. C.
Entleert	9.72 p. C.
Restirt	2.98 p. C.

*) Es traten unmittelbar nach XII tetanische Krämpfe auf, welche 40 Secunden dauerten.

Aenderungen der Pulszahlen mit den Entleerungen.

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Entleerung	Nach der Entleerung			
0	57 48 43 52	22	23 *)		
I	28	32			
II		32			
III	44	48			
IV	42	60			
V	56	60	56		
VI	56	48			
VII	52	53	63		
VIII	64	65	67	68	
IX		66			
X					
XI	Die Pulse wegen ihrer geringen Erhebung nicht mehr zu zählen.				Die Pulsfrequenz nahm im Laufe der Entleerungen zu.
XII					

Dieser Versuch giebt zu folgenden Bemerkungen Veranlassung.

α. Mit der wachsenden Zahl der Blutentziehungen mindert sich der arterielle Druck, aber es geschieht dieses nur sehr allmälig, denn nach einer Blutentleerung von 1,62 p. C. des Körpergewichts ist der Druck noch ganz unverändert geblieben; nach einem Blutverlust von 3,4 p. C. des Körpergewichts ist der Druck erst um 27^{mm} gesunken, d. h. er ist jetzt auf die Höhe gekommen, die ihm vor Beginn der Einspritzungen eigen war (siehe pag. 597); als die entzogene Blutmenge auf 6,48 p. C. des Körpergewichts gestiegen war, ist allerdings der Blutdruck um 98^{mm} niedriger als vor Beginn der Blutentziehungen, aber immerhin steht er noch auf 64^{mm}, also auf einem Werthe, mit welchem die normalen Hirnfunctionen vollkommen vereinbar sind. Verblutungskrämpfe traten erst auf, nachdem der Blutverlust auf 9,7 p. C. des Körpergewichts gediehen war. Dieses Resultat weicht sehr augenfällig von dem ab, welches man beim Aderlass an Thieren erhält, deren Blutmenge keine künstliche Vermehrung erfahren hat. Nach meinen Beobachtungen an Hunden und den-

*) Zufällige Vagusreizung beim Oeffnen der zweiten Carotis und dem Anbringen der Klemme. — Ausserdem Neigung zum Erbrechen.

jenigen *Tappeiner's**) an Kaninchen sinkt der Druck nach einem Blutverlust von höchstens 3 p. C. des Körpergewichts schon auf einen Werth herab, wie er in dem vorstehenden Versuche erst nach einer Entziehung erreicht ward, die zwischen 6 und 7 p. C. des Körpergewichts betrug. —

β. Bemerkenswerth ist die gesammte Menge von Blut, welche dem Thiere in den bis nahe zum Tode fortgeführten Entleerungen entnommen werden konnte. Wäre dies abgezogene Volum nur um ein oder um zwei Prozent des Körpergewichts von demjenigen verschieden, durch dessen Entziehung Thiere absterben, denen keine künstlichen Bluteinspritzungen gemacht werden, so würde darauf nur wenig Werth zu legen sein. Denn in diesen Grenzen schwankt auch je nach dem eingeschlagenen Verfahren das Volum eines tödtlichen Aderlasses. Wenn sich ein Thier, welches bis dahin unberührt und horizontal ausgestreckt liegt, durch einen ununterbrochenen Strom aus beiden Carotiden nahezu verblutet hat, wenn die Verblutungskrämpfe vorüber sind und aus den geöffneten Arterien nur noch einzelne Tropfen hervortreten, so kann man den Strom von Neuem anfachen, entweder indem man das Halsmark absticht, oder indem man unter Erhebung des Hintertheiles die Gliedmassen, den Bauch und die Brust knetend ausdrückt. Noch weiter als hierdurch lässt sich die Entleerung treiben, wenn die Blutentziehung nicht in einem Zuge vollführt wird, sondern die Arterie zeitweise geschlossen und wieder geöffnet wird. Wird diese fractionirte Entziehung über eine Stunde hindurch ausgedehnt, so kommt es wohl vor, dass eine Blutmenge, die 6 Prozenten des Körpergewichts gleichkommt, gewonnen wird; dass sie aber wie im vorstehenden Versuche auf 9 p. C. des Körpergewichts steigt, ist, soweit mir bekannt, niemals beobachtet worden. Demnach müssen die Blutgefässe unseres Thieres in einem ungewöhnlich hohen Grade überfüllt gewesen sein.

γ. In Anbetracht der Grösse des injicirten Blutvolums kann es nicht verwundern, wenn man aus dem Thiere nach der Einspritzung mehr Blut als vor ihr gewinnen kann. Auffallend ist

---

*) Ueber die durch Aderlass entleerbaren Blutmengen vergleiche auch *Heidenhain* disquisitiones criticae et experimentales de sanguinis quantitate, Halis 1857. — *Panum*, Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen der Mengenverhältnisse etc. Virchows Archiv, 27. Band.

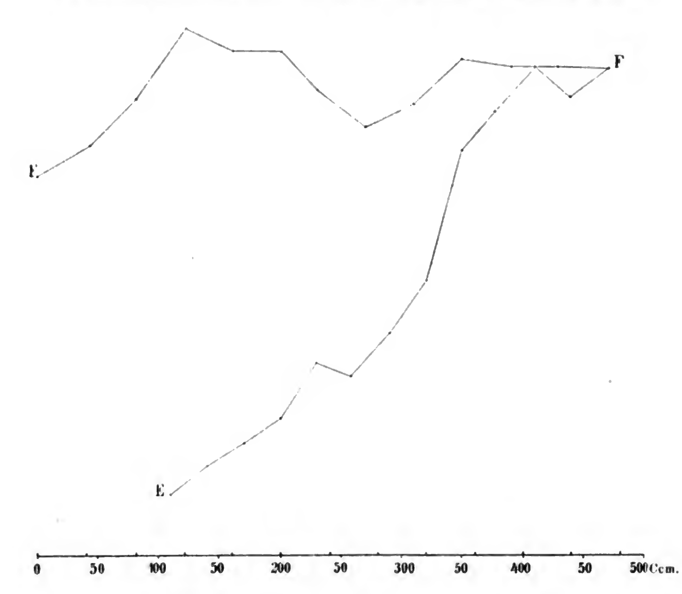
es dagegen, dass das Thier nicht noch viel mehr lieferte. Denn es waren ihm 470 Ccm. eingespritzt worden und trotzdem wurde es durch einen Aderlass von 360 Ccm. dem Tode nahegebracht. Obgleich also nach dem Aderlass, welcher auf die Einspritzung folgte, dem Thiere noch 110 Ccm. Blut über seine ursprüngliche Menge verblieben, traten doch schon Erscheinungen ein, wie sie an diesem Thiere erst jenseits einer Verminderung seiner ursprünglichen Blutmasse um 100 Ccm. zu erwarten gewesen.

δ. Die Verblutung nach künstlicher Plethora unterscheidet sich von derjenigen, welche von der Normalfüllung der Gefässe ausgeht, auch dadurch, dass aus dem blutgefüllten Thiere noch sehr viel Blut zu gewinnen ist, wenn schon der arterielle Druck sehr tief abgesunken. So kam namentlich in der vorstehenden Beobachtung nach der Entleerung von 210 Ccm. — VII — der Druck auf 60^{mm} herab und nachher flossen noch 150 Ccm. Blut hervor. An dem normalen Thiere würden nach Analogie mit ähnlichen Beobachtungen, siehe Beob. 8 und 9, gewiss keine 50 Ccm. mehr hervorgekommen sein. Dieses Ergebniss zeigt, dass ein Thier, in welches Blut eingespritzt wurde, noch sehr blutreich sein kann, ohne dass der Druck in den Arterien entsprechend hoch steht.

Zu den bekannten Beispielen, dass der Druck in der a. carotis keineswegs in einem einfachen Verhältniss zur Blutmenge steht, fügen die künstlichen Vermehrungen mit darauf folgenden Verminderungen des Blutvolums ein neues hinzu. Bei gleichem Blutgehalt des Thieres fällt nämlich der arterielle Druck sehr verschieden aus, je nachdem man diesen letztern durch eine künstliche Vermehrung der urspünglich kleinern, oder aber durch eine Verminderung der vorher vergrösserten Blutmenge erzeugt hat.

Zur Verdeutlichung dieses sollen die folgenden Curven dienen, die mit FF bezeichnete will ich die Füllungs-, die andere EF die Entleerungscurve nennen. Die gemeinschaftliche Abszisse beider zählt in Ccm. die Blutmengen, welche eingespritzt, beziehungsweise entzogen wurden, die Ordinaten drücken in Mm. den halben Druck aus, der in der Carotis später als eine Minute nach Vollendung einer Einspritzung, bez. einer Entleerung vorhanden war und dann auch für etwa 30 Secunden annähernd constant blieb. Der Nullpunkt der Abszisse liegt bei dem normalen Blutgehalt. Die Füllung FF ist so construirt, dass der Druck — siehe Tabelle pag. 633, letzte Horizontalreibe fetter

Zahlen — welcher nach einer jeden Einspritzung constant blieb, auf die Zahl der injicirten Ccm. aufgetragen ist, durch welche er hervorgerufen wurde. Dieser Druck wuchs mit den ersten



drei Einspritzungen = 120 Ccm. Blut — und hielt sich von da ab im Ganzen unverändert, trotzdem dass noch weitere 350, also im Ganzen 470 Ccm. injicirt wurden. — Die Entleerungscurve EF hat ihren Anfangspunkt bei 470 Ccm., sie ist so construirt, dass über jede der entleerten Blutmengen der arterielle Druck, welcher nach der Entleerung constant zurückblieb, aufgetragen wurde.

Für jede der im Thiere enthaltenen Mengen des eingespritzten Blutes erhält man also zwei Druckwerthe, die über demselben Punkte der Abszisse aufgetragen sind. Beide Werthe sind am Ende der Füllungs- und am Anfang der Entleerungscurve annähernd gleich, so lange nämlich, als die eingespritzte Blut-

menge sich in den Grenzen von 400 bis 470 Ccm. bewegte. Von da nach abwärts fallen sie aber bedeutend auseinander, so dass endlich bei einem Werthe des eingeführten Blutvolums von 110 Ccm. der Druck in der Füllungscurve ein Maximum von 168mm, in der Entleerungscurve dagegen ein Minimum von 20mm betrug. Dieses sehr eigenthümliche Verhalten ist, soweit meine Beobachtungen reichen, immer vorhanden.

Der folgende Versuch, der im Wesentlichen ein gleiches Resultat mit dem soeben dargestellten giebt, bedarf nur einer kurzen Mittheilung.

Versuch V. Körpergewicht 4,74 Kilogramm. Nach vorausgegangener Bluteinspritzung 4 Blutentleerungen à 50 Ccm.

Versuchsanordnungen und Druckverhältnisse vor den Entleerungen.	Druck unmittelbar vor den Entleerungen (0)	I	II	III	IV	Zahl der Entleerungen.
Rechte a. carotis mit dem Hg.-Manometer in Verbindung gebracht, in rechte vena jugularis eine Canule, 600 Ccm. Blut (12,7 p. C. des Korpergew.) durch die vena jugularis eingespritzt. Vor den Einspritzungen betrug der Druck 149 bis 176mm, nach den Einspritzungen 157 bis 167mm, siehe p. 599.		121	72	45	36	Druck am Schlusse der Entleerung.
		—20	58	54	64	Die Zeitdauer jeder Entleerung (in Sec.).
		123	Blut in der Manometercanüle geronnen.	51	42	Druck innerhalb der ersten 17 Secunden nach jeder Entleerung.
		5		11	17	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Entleerung.
	166	124		73	53	Druck unmittelbar vor dem Wiederbeginn jeder Entleerung.
		141		358	126	Die Zeit dieses Druckes gerechnet vom Ende jeder Entleerung.
					66	Druck 4 Minuten nach der letzten Entleerung.
		1,61	3,22	4,83	6,44	Die Abnahme der Blutmenge durch die Entleerungen in pC. des Körpergewichts ausgedrückt.
						Eingespritzt 12,7 p.C. Entleert 6,44 p.C. Restirt 6,26 p.C.

Einige Zeit nach der letzten Entleerung wurden die Arterien und Venen unterbunden, die Wunden zugenäht; der Hund starb 36 Stunden nachher.

Aenderungen der Pulszahlen mit den Blutentleerungen (nach der Einspritzung).

Pulse in 20 Secunden.

	Während der Entleerung	Nach der Entleerung
0 (Neigung zum Erbrechen)	34 30	
I	40 (P. werden sehr klein)	46
II	46 (P. am Schlusse sehr klein)	48 (im Anfange sehr klein)
III	49 (P. die ganze Zeit deutlich)	51 56
IV	55 (P. am Schlusse sehr klein und undeutlich)	52

Die Pulsfrequenz nahm mit den Entleerungen ziemlich regelmässig zu.

Auch hier wurde ein absolut grösserer Blutverlust als am vorher unveränderten Thiere ertragen; 267 Secunden nach einem Blutverlust von 6,44 p. C. betrug der Druck noch 66mm. — Der im Körper vorhandene Rückstand des eingespritzten Blutes war nach der letzten Blutentleerung = 6,26 p. C. des Körpergewichts, also ungefähr gerade so gross, als man gegenwärtig die normale Blutmenge zu schätzen pflegt. Es ergiebt sich auch hier, dass, wenn man die restirende Blutmenge in Betracht zieht, die zur Erhaltung der normalen Blutdrücke nothwendigen Blutmengen weit grösser als am unversehrten Thiere sein müssen. — Um über das Schicksal des restirenden Blutes Kenntniss zu erhalten, wurde nach der letzten Entleerung 8 Secunden hindurch ein Druck auf den Leib ausgeübt; die Spannung stieg von 42 auf 62, sank aber bereits während der Zusammenpressung des Leibes auf 48mm, so dass wiederum die früheren Befunde einer nicht übermässigen Füllung im Unterleib constatirt wurden.

Die bisherigen Versuchsergebnisse sind, wie wir gesehen haben, im Wesentlichen in Uebereinstimmung. Hiervon abweichend ist der folgende Versuch, insofern hier der Blutverlust, welcher nach den Einspritzungen ertragen werden konnte, geringer als vor den Einspritzungen ist.

Versuch IX. Körpergewicht 6,21 Kilogr. Aderlässe, Einspritzungen, wiederum Aderlässe. Jede Entleerung = 50 Ccm.

Versuchsanordnungen u. Druckverhältnisse vor d. Entleerungen.	Druck unmittelbar vor der Entleerung (0)	I	II	III	IV	Zahl der Entleerungen vor den Einspritzungen. Jede Entleerung betrug 50 Ccm.
Rechte a. carotis mit Hg.-Manometer verbunden. Der Druck schwankte im Laufe von 247 Secunden zwischen 162 und 154 mm. In der linken a. carotis eine Canüle, um aus ihr Blut zu entleeren. In der rechten vena jugularis eine Canüle zum Einführen d. Blutes.		132	112	73	65	Druck am Ende jeder Entleerung.
		—24	36	41	13	Differenz der Drücke unmittelbar vor und am Ende der Entleerung.
		14	14	30	88	Die Zeitdauer jeder Entleerung (in Secunden).
		151	108*	80	60	Der Druck innerhalb d. ersten 10 Sec. nach jeder Entleerung.
		4	5	8	10	Die Zeit dieses Drucks gerechnet v. Ende jeder Entleerung.
	157 Vergl. p. 616.	148	114	81	51	Der Druck unmittelbar vor d. Wiederbeginn d. Entleerung.
		108	182	216	240	Die Zeit dieses Drucks gerechnet vom Ende der Entleerung.
		0,80	1,60	2,40	3,20	Die abgelassene Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.

*) Der Hund ist unmittelbar nach der zweiten Entleerung sehr unruhig.

Zwischen beiden Entleerungen lag eine Einspritzung von 310 Ccm. Blut = 5,92 Prozent des Körpergewichts.

Druck unmittelbar v. d. Wiederbeginn der Entleerung (0)	I	II	III	Zahl der Entleerungen nach den Einspritzungen. Jede Entleerung betrug 15 Ccm.
	98	67	48	Druck am Ende jeder Entleerung.
	—43	47	48	Differenz des Druckes unmittelbar vor und am Ende der Entleerung.
	12	17	24	Die Zeitdauer (in Secunden) jeder Entleerung.
	118	88	57	Der Druck innerhalb d. ersten 13 Sec. nach jeder Entleerung.
	9	13	8	Die Zeit dieses Drucks gerechnet v. Ende jeder Entleerung.
141*	114	96	69	Der Druck unmittelbar vor d. Wiederbeginn d. Entleerung.
	163	114	265	Die Zeit dieses Drucks gerechnet v. Ende jeder Entleerung.
	0,80	1,60	2,40	Die abgelassene Blutmenge in Prozenten des Körpergewichts ausgedrückt.

*) Der Druck schwankte unmittelbar vor der ersten Entleerung zwischen 143 und 139 mm.

Es war also nach der letzten Entleerung noch ein Ueberschuss eingeführt v. 2,71 p.C.

Eingespritzte Blutmenge	+ 8,3 p.C.
Die Aderlässe vor der Einspritzung	— 3,2 p.C.
Die Aderlässe nach der Einspritzung	— 2,7 p.C.
Ueberschuss =	+ 2,71 p.C.

Aenderungen der Pulszahlen mit den Blutentleerungen

(vor der Bluteinspritzung)	Pulse in 20 Secunden.		(nach der Bluteinspritzung)	Pulse in 20 Secunden.		
	Während der Entleerung.	Nach der Entleerung.		Während der Entleerung.	Nach der Entleerung.	Die Pulse die ganze Zeit hindurch deutlich und gut zählbar.
0	65		0	40 46 45		
I	72	86 *) 64 60	I	56	45 43	
II	74 **)	49 51	II	48	47 44	
III	55 Die Pulse undeutlich, fast verschwunden.	48 57 Pulse in den ersten 2 Minuten nachher.	III	45	47 5	
IV		41				

Es war also in diesem Versuche die Aenderung der Pulsfrequenz mit den Entleerungen sowohl vor als nach den Einspritzungen eine unregelmässige.

Die Unabhängigkeit des arteriellen Druckes von dem gesammten Blutgehalt prägt sich an diesem Thiere besonders scharf aus.

Nach einer Verminderung seiner normalen Blutmenge um 200 Ccm. sank der arterielle Druck auf 51 ^{mm}, und als darauf die Blutmenge um 520 Ccm. also um 320 Ccm. über das ursprüngliche Maass derselben vermehrt worden war, stellte sich nach einer Entziehung von 150 Ccm. der arterielle Druck auf 69^{mm} ein, obwohl jetzt das Thier 170 Ccm. Blut über das Normalvolum desselben besass. Zur Aufklärung dieses Verhaltens dürfte es dienen, wenn wir uns daran erinnern, wie sich der Druck nach den Einspritzungen verhielt. Vor dem ersten Aderlass war der arterielle Druck 157 ^{mm} gewesen; durch eine erste Serie von Bluteinspritzungen, welche das ursprüngliche Blutvolum um 320 Ccm. vermehrte war der arterielle Druck dauernd nur auf 141^{mm} zu bringen und durch eine zweite Serie von Einspritzungen, nach welchen das Blutvolum ein Mehr von 530 Ccm. über den Normalwerth besass, stellte sich der arterielle Druck gar nur auf 117 ^{mm} ein. Hier hatte also der letztere mit der wachsenden Menge des eingespritzten Blutes sogar abgenommen.

---

*) Das Thier unruhig.

**) Starke Unruhe unmittelbar nach der Entleerung; die Pulse am Schlusse dieser Entleerung sehr undeutlich.

Sehr auffallend sind auch noch folgende Zahlen. Der vorstehenden Tabelle gemäss hatte eine Abnahme des Normalvolums um 100 Ccm. den arteriellen Druck auf 114 mm herabgebracht, während, wie eben erwähnt, eine künstliche Vermehrung des Blutes um 530 Ccm. den arteriellen Druck nur auf 117 mm führte. So war also der letztere bei einem Unterschiede des Blutgehaltes von 630 Ccm. = 10 Prozent des Körpergewichts fast genau derselbe.

Wäre in dem vorliegenden Versuche die Blutentleerung noch weiter fortgesetzt worden, so würde wahrscheinlich noch bedeutend mehr Blut geflossen sein. Hierfür spricht die Analogie beim Aderlass an anderen Thieren, welche künstlich blutreich gemacht wurden; denn aus ihnen floss auch bei bedeutend erniedrigtem Drucke noch viel Blut. — Ferner spricht für diese Annahme, dass der arterielle Druck der nach Beendigung des Aderlasses 57 mm betrug, 4,5 Minute nachher, wieder auf 69 mm stand.

Die Excursionen des Pulses und die Reizbarkeit der vasomotorischen Nerven zeigten sich durchweg als normal.

Am Schlusse der Versuchsreihen, welche den Einfluss der Blutentleerungen des vorher überfüllten Thieres auf den arteriellen Druck zu bestimmen trachteten, gebe ich eine kurze Uebersicht der erhaltenen Resultate.

1. a) Beim normalen Thiere konnte eine Blutentziehung von 1,6% bis 2,82% des Körpergewichts ertragen werden, ohne bedeutende Herabsetzung des Druckes in der a. carotis.

Anmerkung. Die Thatsache, — welche ich keineswegs als eine neue Beobachtung hinstelle, — dass nach verhältnissmässig grossen Blutverlusten das Gefässsystem fähig ist, sich dem geringeren Blutvolum binnen kurzer Zeit ohne sehr wesentliche Druckabnahme zu adaptiren, ist einer methodischen Untersuchung seitens der physiologischen Pathologie werth. Sie verdient in der ärztlichen Praxis die genaueste Berücksichtigung. Es ist seit langer Zeit Sitte gewesen, Aderlässe anzuwenden in der ausgesprochenen Absicht, um das Gefässsystem zu entlasten, um die Spannung herabzusetzen. Dagegen ist an und für sich kein Einwand zu erheben. Wenn man aber dies thut, so muss man die wiederholt gemachten physiologischen Erfahrungen berücksichtigen: dass die Entleerung eine sehr reichliche sein muss, wenn man selbst nur für einige Minuten ein nennenswerthes Herabsinken des Drucks hervorbringen will, und dass diese reichlichen Aderlässe wiederholt werden müssen, wenn man eine dauernde Herabsetzung des Druckes beabsichtigt.

Ein Aderlass von 350 bis 470 Ccm., wie er von vielen Aerzten bei erwachsenen Individuen instituirt wird, kann kaum ein vorübergehendes Herabsinken der Spannung — unmittelbar nach der Blutentziehung — hervorbringen, ist also im beabsichtigten Sinne so gut wie wirkungslos. Es ist desshalb, wenn man die Spannung wirklich vermindern will, die Methode der reichlichen und wiederholten Aderlässe, wie sie besonders in Italien geübt werden, physiologisch wohl begründet. Leider ist sie aber dadurch häufig genug eine fehlerhafte geworden, dass bei der Aufstellung der Indication anderweitige physiologische Erfahrungen vernachlässigt worden sind. Als solche werde ich hier, ausser der grossen Bedeutung der rothen Blutkörperchen für die innere Athmung und der nicht zu unterschätzenden Wichtigkeit der weissen Blutzellen, die im Versuch VIII gemachte Beobachtung (cfr. Versuchstabelle S. 626) hervorheben, dass der Druck bei der Wiederholung nicht immer allmälig herabgeht, sondern plötzlich auf eine sehr niedrige, das Leben bedrohende Druckhöhe sinken kann; 151 Secunden nach einem Blutverlust von 2,82 p. C. betrug der Druck 112mm, 252 Secunden nach einem Blutverluste von 3,76 p. C. nur 48mm. Es ist also schon auf Basis der physiologischen Erfahrungen ersichtlich, dass die reichlichen Aderlässe überhaupt bloss in einer begrenzten Zahl von Fällen Anwendung finden können, dass aber die wiederholten reichlichen Aderlässe mit der grössten Vorsicht auf eine noch viel geringere Zahl beschränkt werden müssen. Es ist die Aufgabe der Pathologen, diese Zahl und die Indication mit Zuhülfenahme der physiologischen Beobachtungen zu formuliren.

b) Wurde dagegen der Aderlass an dem Thiere vorgenommen, das schon Bluteinspritzungen erfahren, so konnte in der Regel ein grösserer absoluter Blutverlust ohne sehr bedeutende Herabsetzung des Drucks ertragen werden.

2. Vergleicht man dagegen die restirenden Blutmengen nach den Aderlässen am unversehrten und an dem vorher überfüllten Thiere, so ergiebt sich, dass die zur Erhaltung der normalen Blutdrücke nothwendigen Blutmengen in dem letzten Falle weit grösser, vielleicht um das Doppelte oder noch mehr, sein müssen als im ersten.

§ 3.

A. Ueber den Mechanismus der Anpassung des Gefässsystems an sehr grosse Blutmengen.

Die interessante Beobachtung, dass das Gefässsystem sehr grosse Blutmengen ohne nennenswerthe Aenderung des arteriellen Normaldrucks aufnehmen kann, bildete den Ausgangspunkt und den wesentlichen Gegenstand dieser Untersuchung, insofern

es die Hauptaufgabe war, den Mechanismus der Anpassung des Gefässsystems an sehr grosse Blutmengen zu ermitteln. Es ist in der That gelungen, über die Hilfsmittel, durch welche diese Accommodation zu Stande kommen kann, Aufschlüsse zu erhalten. Da aber diese nach und nach im Laufe einer längeren Experimentaluntersuchung gewonnen sind, erscheint es zweckmässig, eine Zusammenstellung der bezüglichen Thatsachen zu geben.

Als ein Hilfsmittel, durch welches diese Accommodation an sehr grosse Blutmengen zu Stande kommen könnte, würde zunächst in Betracht zu ziehen sein:

I. Der Austritt von Blut oder Blutplasma durch die Gefässwand.

Es ist nachgewiesen:

1. Dass dieser Austritt im verhältnissmässig geringem Grade geschieht.

2. Dass also die Gefässhöhle sehr bedeutend gefüllt ist.

Indem ich zunächst zur Widerlegung der These übergehe, dass das eingespritzte Blut in dem Maasse in dem es eintritt, auch die Gefässhöhle wieder verlässt, werde ich nachweisen, dass der rothe Theil des Blutes fast gar nicht und das Blutplasma nur in verhältnissmässig geringem Grade austritt, so dass die Exsudation als Hilfsmittel der Adaption, wenn auch nicht ganz ausser Betracht gelassen werden kann, doch nur eine untergeordnete Rolle spielt.

α. Durch die Resultate der Section lässt sich zeigen, dass der rothe Theil des Blutes nur in sehr unerheblichem Grade durch die Gefässwände ausgetreten ist, denn es waren:

Versuch I nur kleine rothe Extravasate in der Wunde sichtbar, von welcher aus das Rückenmark durchschnitten wurde. Eingespritzt waren 16 $\times$ 40 Ccm. = 640 Ccm., die Extravasate betrugen ca. 10 bis 15 Ccm. — Versuch II wie in I. — Versuch IX. In der Magenwand zahlreiche linsengrosse Ecchymosen. In der Unterleibshöhle 30 Ccm. röthlich gefärbtes Exsudat. In den Lungen zerstreute erbsengrosse Ecchymosen.*) In allen übrigen

*) Wahrscheinlich z. Th. Embolien wegen nicht vollkommen genügender Filtration des Blutes, oder wegen Verklebung der Körperchen zu Rollen. Es ist dies, worauf Herr *Dr. Franz Gesellius* in seiner Mono-

Theilen nichts Abnormes, ausser zum Theil Lunge, Leber, Nieren, starke capillare Füllung. — Versuch VI. In der Unterleibshöhle 52 Ccm. sero-sanguinolentes Exsudat, Pancreas oedematös, mit zahlreichen kleinen Extravasaten bedeckt. — Versuch VII.*) In der Unterleibshöhle 70 Ccm. blutiges Exsudat, auch in der Brusthöhle, aber in geringer Menge. — Versuch III. In der Unterleibshöhle 15 Ccm. sero-sanguinitirtes Exsudat. In den Gedärmen dünne Excremente choleraähnlich, also nicht roth. Sonst nirgends ein rothes Exsudat, nur Oedem in den Lungen.

β. Während des Versuches trat keine Blutung ein; bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark entstand namentlich keine oder eine äusserst geringe Blutung aus der Wunde; bei den übrigen Thieren stellte sich im Laufe der letzten Einspritzungen so gut wie constant Neigung zum Erbrechen, nicht selten Erbrechen von dünnem blutigen Schleim ein, aber dieses minimale Quantum Blut, welches auch zum Theil aus der Mund-

---

graphie die Transfusion des Blutes (Petersburg und Leipzig J. 1873) näher eingeht, nicht zu vernachlässigen und kann vielleicht durch sehr sorgfältige Filtration des defibrinirten Blutes und langsames Einspritzen (cfr. *Panum*, experimentelle Untersuchungen über die Transfusion etc. Virchows Archiv, J. 1873, Bd. 27, pag. 254) vermieden werden. Der Angabe der Autoren zufolge scheint es, als ob Embolien nach den gewöhnlichen Transfusionen mit defibrinirtem Blute, so wie sie bei Menschen instituirt werden, kaum auftreten. In jedem Falle ist bei der Beurtheilung der Krankheitssymptome, welche bisweilen nach der Transfusion mit defibrinirtem Blute auftreten, auch im Leben und nicht nur bei der Section hierauf die genügende Aufmerksamkeit zu richten. Ich habe einmal ein paar Tage nach einer Transfusion von defibrinirtem Blute, welche ich in Christiania als Vorlesungsexperiment mit einem Hunde, dem zuerst das Blut durch a. carotis sinistra mit Zuhilfenahme von Druck auf Leib und Bewegung der Extremitäten so vollständig, als es auf diese Weise geschehen kann, entzogen wurde, eine deutliche Parese der Hinterextremitäten beobachtet. Die Parese nahm allmälig ab, verschwand aber nicht ganz; drei bis vier Wochen nachher war die Herrschaft des Thieres über die Bewegungen anscheinend eine vollständige, aber sobald es sehr schnell lief und besonders wenn es Sprünge machte, kam ein Rest der Parese zum Vorschein, die Hinterextremitäten wurden ein wenig nachgeschleppt. Es ist zu vermuthen, dass irgendwo im Gehirn oder Rückenmark Embolien entstanden sind. Anatomische Untersuchung konnte nicht angestellt werden, da das Thier am Leben blieb.

*) In den Versuchen VI und VII geschah die Section erst 14 bis 20 Stunden nach dem Tode.

höhle des geknebelten Thieres stammen mochte, verdient ebensowenig wie die geringe blutige Beimischung der aus dem ductus thoracicus ausfliessenden Lymphe hier kaum einer Erwähnung.

Diese Thatsachen sind also dafür überzeugend, dass kein nennenswerther Bruchtheil der eingespritzten rothen Blutkörperchen ausgetreten war.

zu b) Somit blieb mir noch die Annahme übrig — wenn man den Blutaustritt als eine wesentliche Erniedrigungsursache des Drucks festhalten wollte — es sei Plasma ausgetreten. Diese Unterstellung hätte vielleicht noch besser durch die Bestimmung der Färbekraft des Blutes beleuchtet werden können; ich halte aber diese kaum für nöthig, weil die Erscheinungen mit voller Bestimmtheit zeigen, dass der Austritt von Blutplasma nicht in so erheblicher Menge stattfindet, um aus ihm das Verbleiben des Druckes auf seinen Normalwerthen zu erklären. Aber andererseits ist die ausgetretene Menge nicht so gering, dass sie vollkommen zu vernachlässigen wäre.

α. Bei mehreren Sectionen (3, 6, 7, 9) wurden Ansammlungen von Exsudaten in der Peritoneal- und Pleurahöhle getroffen. — Auch wohl hin und wieder Oedeme. — Aber die Gesammtmenge derselben überstieg in keinem Versuche, soweit ich sie messen oder schätzen konnte, 110—115 Ccm.

β. Um zu prüfen, ob in Folge der Bluteinspritzungen ein vermehrter Austritt von Blutflüssigkeit stattfinde, und ob derselbe einen Einfluss auf den Blutdruck übe, wurde der ductus thoracicus geöffnet, der Lymphausfluss vor, während und nach den Einspritzungen von Blut oder Serum gemessen (cfr. Versuch VI, VII und zum Theil Versuch III).

Die Geschwindigkeit des Lymphstroms wuchs allerdings und zwar mit der Menge des eingespritzten Blutes, aber der Blutdruck nahm nicht ab, wenn die Menge der ausgeflossenen Lymphe zunahm.*)

Zieht man in Betracht, wie lange Zeit es bedurfte, um 200 Ccm. Lymphe zu erzeugen und ferner, dass das, was in die Lymphgefässe gelangt, bei uneröffnetem ductus thoracicus auch immer wieder in die Blutgefässhöhle zurückfliesst, so wird man

*) Hiermit sind die Beobachtungen *Lesser's* an normalen Thieren in Uebereinstimmung, cfr. Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig, 6. Jahrgang, 1871.

auch der serösen Exsudation keinen wesentlichen Einfluss auf die Accommodation der Gefässhöhle an die Blutmenge zuschreiben. —

2. Die geringe Bedeutung der Exsudation und des Blutaustrittes wird aber darum ausser jedem Zweifel gestellt, weil die Effecte der Blutentleerungen am vorher eingespritzten Thiere direct beweisen, dass die Ueberfüllung des Gefässsystems eine sehr bedeutende ist. Indem ich auf die Analyse der entsprechenden Versuche hinweise, führe ich hier nur an, dass nach den Einspritzungen im Versuche IV eine Blutmenge von 9,72 p. C.*) durch die a. carotis sinistra ohne Zuhilfenahme von Pressungen der Glieder und des Rumpfes entleert werden konnte, und ohne dass das Thier unmittelbar darnach starb: — im Versuch V betrug der Druck 267 Secunden nach einem Blutverlust von 6,44 p. C. 66^{mm}, im Versuch VIII betrug der Druck 198 Secunden nach einem Blutverlust von 4,7 p. C. 115^{mm}.

Die blosse Betrachtung dieser Zahlen ergiebt, dass die Ansammlung des Blutes innerhalb der Gefässhöhle eine bedeutende, die nähere Analyse zeigt, dass sie höchst wahrscheinlich eine noch grössere ist.

Es ist dieser Nachweis der starken Ueberfüllung am lebenden Thiere um so willkommener, als die Section den Ort nicht nachwies, an welchem die Ueberfüllung stattgefunden.

Die Frage nach den Theilen des Gefässsystems beziehentlich den Organen und Orten des Körpers, in welchen die Ueberfüllung stattfand, ist wesentlich mit Hilfe negativer Sectionsergebnisse dahin zu beantworten, dass das Blut vorzugsweise in den Capillaren haftend mehr oder weniger gleichmässig über den ganzen Körper vertheilt worden ist. Denn die Section ergab keine merkliche Ueberfüllung der Arterien (viele Arterien waren so gut wie leer) und nur im Unterleib eine merkbare Ueberfüllung der grösseren Venen,**) sonst so gut wie keine oder nur in geringem Grade.***) Dieses Ergebniss der Section, dass die Ueberfüllung des venösen Systems eine nicht sehr erhebliche, wurde

*) Beim Thiere mit normaler Blutmenge gelingt es kaum, die Hälfte (4,96 Prozent) dieser Blutmenge bis zum Tode des Thieres zu entleeren.

**) Die rechte Herzhälfte gewöhnlich stark gefüllt.

***) Nur hie und da gefüllte Hautvenen.

durch die Erfolge der mit der Hand ausgeübten Pressungen auf den Unterleib und der Bewegungen der Gliedmassen noch mehr befestigt. Auch diese wirkten nicht so wie die Einspritzungen. Der Druck stieg während der Pressungen und der Bewegungen nur vorübergehend auf eine verhältnissmässig geringe Höhe und sank momentan nachher oft tiefer herab, als er vor den Einspritzungen gestanden hatte. Also wurden durch sie, welche vorzugsweise die nachgiebigen Venen entleeren, keine ausgiebigen Strömungen zum Herzen eingeleitet. Was sollte anders übrig bleiben, als die Annahme, dass das Blut vorzugsweise in den Capillaren hafte? Nun ergab aber die Section — die Leber und die Lungen ausgenommen *) — keine vorwiegende Anhäufung an einem Orte. Also muss das Blut im Wesentlichen gleichmässig vertheilt gewesen sein. Man könnte gegen diese Schlussfolgerung den Einwand erheben, dass die Extremitäten, die Muskeln, die Haut keine merkliche Ueberfüllung zeigten, es verliert aber dieser Einwurf desshalb an Werth, weil wir nur gröbere Extreme der Färbung unterscheiden können. Dieser Befund, dass keine erhebliche Injection — ein paar Organe ausgenommen — trotz der grossen Inhaltsvermehrung des Gefässsystems zu bemerken war, ist von hohem Interesse. Es ist seit langer Zeit bekannt, dass das Gefässsystem, wenn es stark ausgedehnt wird, viel mehr, als die normale Blutmenge fassen kann; es ist hier nicht nöthig, an das grosse Volumen von Injectionsmasse zu erinnern, welches erforderlich ist, um den Gefässraum zu füllen; man braucht nur ein makro- oder mikroskopisches Injectionspräparat zu betrachten, um sich von der bedeutenden Capazität des gedehnten Gefässsystems zu überzeugen. Es ist aber früher, wie ich sehe, nicht mit Schärfe nachgewiesen, dass das Gefässsystem der lebenden Thiere eine bedeutend vermehrte Blutmenge fassen kann, ohne dass, im Ganzen genommen, eine erhebliche Ueberfüllung bemerkbar, ohne dass eine Dehnung irgend eines Theiles des Gefässsystems bei der blossen Betrachtung sichtbar ist. Dieses, was mir anfangs auf-

*) Die Ueberfüllung in der Lunge geringer als in der Leber. — Die Milz nur in einem Versuch stark injicirt. — Nieren venös injicirt, die Nierensubstanz gewöhnlich congestionirt, aber nicht in hohem Grade.

fallend und unerwartet war, steht aber keineswegs mit anderweiten physiologischen Erfahrungen in Widerspruch. Die physiologischen Congestivzustände, z. B. die starke Füllung der Darmschleimhaut während der Verdauung, die Röthung der Leder- und der Schleimhaut, unter dem Einfluss von Druck, Irritation, Gemüthsbewegungen, das Strotzen der corpora cavernosa während der Erection u. s. w. weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass die räumliche Capazität des Gefässsystems auch unter normalen Verhältnissen, wo keine solche Dehnung stattfindet, eine bedeutende ist. Wenn man nun in Betracht zieht, dass diese Füllung in den Gefässnetzen, welche den Uebergang zwischen den kleinsten Arterien und kleinsten Venen bilden, geschieht, dass diese Füllung oft ebenso plötzlich verschwindet, als sie entsteht, dass sie einer so gut wie vollständigen Blutleere weichen kann, dass unter normalen Verhältnissen die Abstufungen zwischen starker und schwacher Füllung mannichfaltig sind, so wird es ersichtlich, dass hier die Vergrösserung der räumlichen Capazität des Gefässsystems mit Hilfe der Capillarnetze, der kleinsten Arterien und der kleinsten Venen geschieht, und dass unter normalen Verhältnissen höchst wahrscheinlich überall im Körper eine grosse Anzahl leerer oder wenig gefüllter Capillarnetze zur Disposition stehen, welche je nach den Bedürfnissen dem Blutstrom zugänglich gemacht werden können. Es ist demgemäss zu vermuthen, dass in unseren Versuchen die vermehrte Blutmenge hauptsächlich dadurch im Gefässsysteme Platz gewonnen hat, dass eine grössere Anzahl Capillaren als unter normalen Verhältnissen gefüllt worden ist. Eine Dehnung der Capillarengefässnetze ist also an und für sich keine nothwendige Folge der Ueberfüllung. Wir werden späterhin sehen, dass eine solche Dehnung bei starker Füllung stattfindet; ob sie aber bei geringer Ueberfüllung geschieht, ist fraglich, und, wie ich glaube, nicht einmal wahrscheinlich.

Nach diesen Betrachtungen, welche sich unmittelbar an die Frage nach dem Schicksal des eingespritzten Blutes anknüpften, kehre ich zu dem eigentlichen Gegenstande zurück.

Wenn das eingespritzte Blut zum grösseren Theil in der Gefässhöhle bleibt, so kann selbstverständlich der Austritt von Blut oder Blutplasma als wesentliches Hilfsmittel der Accommodation nicht in Betracht kommen. Ihre Ursache könnte ferner gelegen sein in einer verminderten Leistung des Herzens.

II. Die verminderte Leistung des Herzens konnte bedingt sein durch ein Herabgehen der Schlagzahl. Dieses wird bereits dadurch widerlegt, dass die Accommodation bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark, bei denen die Pulsfrequenz im Laufe der Einspritzungen so gut wie unverändert blieb, sich im Wesentlichen ganz ebenso *) wie bei den übrigen Thieren verhielt. — Bei den Thieren mit unversehrtem Halsmark wurde allerdings die Pulsfrequenz im Laufe der Einspritzungen nicht selten verlangsamt; sie nahm aber oft statt sich zu mindern zu, bisweilen war sogar die Zunahme überwiegend, die Veränderungen der Pulsfrequenz waren also unregelmässig. Die Versuchstabellen **) über die letzten zeigen zur Genüge, dass sich die Pulszahl gar nicht oder so unregelmässig mit dem wachsenden Prozentgehalt des Körpers an Blut mindert, dass die Herabsetzung nur unter gewissen Umständen als ein untergeordnetes Nebenmoment in Betracht zu ziehen ist. — Die verminderte Leistung des Herzens könnte auch von einer herabgesetzten Arbeitskraft herrühren. Hiegegen sprechen die bei der Einspritzung beobachteten Thatsachen. Denn jedesmal, so oft das Blut in reichlicherem Maasse zum rechten Herzen kam, wurde auch mehr Blut durch die Lunge zum linken Herzen gebracht und der Druck vorübergehend erhöht. Die Herzmuskeln waren also nicht geschwächt. Eine verminderte Leistung war überhaupt nicht zu bemerken.

III. Man könnte noch, um die Unveränderlichkeit des Druckes zu erklären, an eine Erhöhung der Reibung des Blutes in den Lungen denken. Allerdings waren die Lungen congestionirt. Aber wenn ein solcher Widerstand in der Lunge die wesentliche Ursache gewesen wäre, so müsste man eine colossale Erweiterung des rechten Herzens und der dort einmündenden Venen angetroffen haben. Dieses war aber

*) Auch hier wurde der Druck, nachdem er durch die Bluteinspritzungen annähernd auf die Höhe des ursprünglichen (d. h. vor dem Durchschneiden des Halsmarkes vorhandenen) Druckes gebracht worden, im Laufe der Einspritzungen so gut wie nicht verändert.

**) Ich habe die Pulszahlen in diesen Tabellen mit den zugehörigen Drücken verglichen; da aber der Vergleich nichts Neues lehrt, habe ich es als unzweckmässig erachtet, die Versuchstabellen der Pulszahlen durch Zufügen anderer Zahlen zu compliciren.

nicht der Fall. Ich kann mir darum die Mühe ersparen, noch andere Erscheinungen, welche dagegen sprachen, zu analysiren.

IV. Vermehrte Dehnbarkeit der Gefässwände. — Die vermehrte Dehnbarkeit der Gefässwände kann bedingt sein entweder durch eine Lähmung der Gefässmuskeln, oder durch eine Dehnung der Gefässwände über ihre Elastizitätsgrenze, durch die sogenannte elastische Reckung. Sind nun die irritabeln Bestandtheile der Gefässe gelähmt? Bei der Mittheilung der Versuche ist wiederholt darauf hingewiesen worden, dass auch nach den Einspritzungen die Centren der Gefässnerven ihre normale Reizbarkeit bewahrt hatten; denn sie reagirten auf die von den sensiblen Nerven ausgeübten Reize und ebenso auf die des Erstickungsblutes prompt und energisch. Da aber dieses letztere nur aus den Zusammenziehungen der Gefässmuskeln erkennbar war, so ergiebt sich hieraus zugleich die Unversehrtheit jener Muskeln und die ihrer Nerven; es ist also auch der von den Gefässcentren unabhängige Tonus der Muskeln vorhanden gewesen. So klar dieses ist, immerhin wird man für den Bestand des peripheren Tonus noch die Bestätigung willkommen heissen, welche der dritte Versuch gewährte, in welchem die Erstickung den arteriellen Blutdruck bedeutend steigerte, trotzdem dass das Halsmark durchschnitten war. — Auch die stets wiederkehrende Thatsache, dass während einer jeden neuen Einspritzung in die Jugularvene der Druck in den Arterien anstieg, beweist uns die normale Reactionsfähigkeit ihrer Wandungen, da sie jeden Zuwachs ihrer Füllung mit einer entsprechenden Spannung beantworteten. Wenn sich nun auch in der Regel die irritabeln Theile der Gefässe als vollkommen leistungsfähig erwiesen, so ist damit nicht ausgeschlossen, dass sie hin und wieder trotz des unverletzten Rückenmarkes in einen niedern oder höhern Grad von Lähmung verfallen seien. Zuweilen sahen wir in der That, dass sich im Verlaufe der fortschreitenden Füllung der arterielle Druck erniedrigte und alsbald auch wieder erhöhte. Aus dem zeitlichen Verlaufe dieser Schwankungen darf man wohl mit Sicherheit auf eine nervöse Ursache derselben schliessen. Ist aber dieses erlaubt, so erbringen sie einen neuen Beweis dafür, dass der irritabele Apparat in der Regel unangetastet geblieben sei.

Wenn aber die Erscheinung, dass der arterielle Druck trotz einer stets zunehmenden Füllung der Gefässhöhle einen obern Grenzwerth nicht überschreiten konnte, sich auf eine neuromusculäre Lähmung nicht zurückführen lässt, so sind wir schon durch Exclusion auf die Annahme einer elastischen Reckung hingewiesen, denn es bleibt uns statt aller andern nur dieser Erklärungsgrund übrig. Glücklicher Weise können wir aber auch noch positive Zeugnisse für ihn vorbringen. Diese finden sich in den Aenderungen des Drucks und der Ausflussmengen, welchen die Aderlässe nach der Einspritzung im Gegensatz zu denjenigen vor der letztern bewirkten.

Wurde das Blut aus der überfüllten Gefässhöhle abgenommen, so entleerte sich, wie wir sahen, diese letztere bei Weitem nicht so weit, als vor der Einspritzung, denn es konnte nicht einmal das künstlich zugeführte Volum erhalten werden. Würde es sich nun zeigen lassen, dass zu der Zeit, als das kräftige Herz entweder keine, oder nur noch sehr wenige Flüssigkeit in die Aorta förderte, in den vor den Vorhöfen gelegenen Gefässabschnitten noch viel Blut vorhanden war, so würde damit auch bewiesen sein, dass in irgend einem der grossen Gefässabschnitte, welche von den Arterien bis zu den Vorhöfen hin gelegen sind, eine Minderung der Elastizität eingetreten sei. — Die Bestätigung für die noch verhandene Füllung haben meine Versuche auf zweierlei Art ergeben. Zuerst bei Gelegenheit der Section; denn da sie die Abwesenheit nennenswerther Extravasate darthaten, so mussten sie zu dem Schlusse führen, dass das ursprüngliche sammt dem künstlich zugeführten Blute in der Gefässhöhle zurückgeblieben sei. — Zu derselben Annahme führten die Erscheinungen, welche im Verlaufe der fractionirten Verblutung nach vorausgegangenen Einspritzungen auftraten. Ehe noch die Hälfte des eingespritzten Blutes wieder abgelassen war, sank schon der arterielle Druck weit unter die Höhe, welche ihm vor dem Beginn der Transfusion eigen gewesen war, mit anderen Worten, es strömte bei diesem Füllungsgrade das Blut nur mit mässiger Geschwindigkeit in die Aorta. Wurde nun der Aderlass weiter fortgesetzt, so gelang es trotz des fortwährend absinkenden Druckes noch eine sehr bedeutende Quantität von Blut zu erhalten. Hierdurch wird also unzweifelhaft dargethan, dass die Ueberführung des Blutes aus den Venen in das Herz

weit langsamer, als vor den Einspritzungen erfolgte, trotzdem dass in ersterem Falle die Gefässhöhle weit mehr Blut enthielt.

Als eine Consequenz davon, dass die Einspritzung grosser Blutmassen eine elastische Reckung erzeugt, ist es nun auch anzusehen, dass die Ueberfüllung nach Durchschneidung des Rückenmarkes zu demselben Ziele führt, welches sie bei dem Bestehen des centralen Tonus erzeugt. Denn da auch nach der Abtrennung des Halsmarkes der arterielle Druck trotz der wachsenden Füllung der Gefässhöhle nicht über einen obern Grenzwerth gehoben werden konnte, so folgt, dass die Ausdehnung der Wand ohne den Eintritt einer entsprechenden Spannung nicht auf eine Lähmung des Tonus zu schieben ist.

Fragen wir nun, welche Theile des Gefässsystems gereckt worden seien, so müssen wir, nach Allem was wir bis dahin erfahren, annehmen, dass dieses vorzugsweise mit den Wandungen der Capillaren und der kleinen Venen geschehen sein müsse. Fraglich ist es, ob diese Reckung überall im Körper gleichmässig geschehen ist, weil die Orte und Organe (Haut, Extremitäten, Muskeln), in denen nach den Einspritzungen keine Ueberfüllung sichtbar wurde, gewiss viel mehr Blut aufnehmen können, bevor hier eine solche Reckung eintritt. Ich bin desshalb geneigt, anzunehmen, dass die starke Dehnung hauptsächlich nur an den Orten und Organen (in der Brust und Unterleibshöhle), wo eine Ueberfüllung deutlich sichtbar wurde, stattgefunden habe. — Ausserdem ist es auch möglich, dass die grösseren Venen in der Brust- und Unterleibshöhle, welche nicht selten strotzend gefüllt, abnorm gedehnt worden sind; diese Dehnung kann aber keine constante gewesen sein, weil diese venöse Füllung, obwohl eine deutliche, in den meisten Fällen keineswegs eine übermässige war.

B. Ueber die untern und obern Grenzen der physiologischen Füllung des Gefässsystems.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, dass nur die elastische Reckung der Gefässwände die wesentliche Ursache der Erscheinung sein kann, dass oberhalb eines gewissen Niveau's der Druck mit der weiteren Füllung nicht höher steigt.*) Ober-

*) Wie der Druck sich bei noch grösserer Füllung verhält, ist zu untersuchen.

halb dieser Grenze ist also die Ueberfüllung keine physiologische mehr, weil eine abnorme Dehnung der Gefässwände eingetreten ist. Es wäre von grossem Werthe, die Füllung unterhalb dieser Grenze zu ermitteln, um über die physiologischen Verhältnisse, wo sicherlich keine solche Dehnung stattfindet, bestimmte Aufschlüsse zu gewinnen. Könnte man diese Grenze genauer bestimmen, so würde man das normale Fassungsvermögen des Gefässsystems schätzen und damit die Lehre vom Kreislauf fördern können. Es wäre dies vielleicht durch eine ausgedehntere Versuchsreihe zu erreichen. Auf der Basis meiner Untersuchungen kann ich schon desshalb keine bestimmte Auskunft über die Grenze geben, weil der Punkt, wo die Transfusion keine Steigerung des Drucks mehr erzeugte, sich nicht als scharf begrenzt erwies; es ist auch wohl möglich, dass eine scharfe Grenze nicht existirt, indem je nach der Widerstandsfähigkeit der Gefässbezirke die elastische Reckung im Laufe der Einspritzungen allmälig eintritt. — Ich habe aber in meinen Versuchsdaten Anhaltspunkte, um mir annähernd eine Vorstellung über das normale Fassungsvermögen des Gefässsystems zu bilden; dieses werde ich näher zu erörtern versuchen.

Die in den Versuchstabellen und ihren Zusätzen gegebene Uebersicht der Druckänderung als Funktion der wachsenden Füllung zeigt, dass an Thieren mit unversehrtem Rückenmarke drei Territorien zu unterscheiden sind: 1. ein solches, welches von der höchsten, mit dem Leben vereinbaren Anämie beginnt und sich bis zu einer Füllung erstreckt, wo die Blutmenge um etwa 1,5 bis 2,5 p. C. des Körpergewichtes weniger, als die normale beträgt. Es bieten hier die Druckerscheinungen dem Verständnisse keine Schwierigkeiten dar. Mit der wachsenden Füllung steigt der arterielle Druck von der unteren bis zur oberen Grenze ziemlich regelmässig von ca. 25 bis 30 bis 35^{mm} zu 120 bis 130^{mm}. 2. ein Territorium, welches mit einem Blutgehalt von etwa 1,5 bis 2,5 p. C. des Körpergewichtes unterhalb des normalen anfängt und bei der Zunahme der Blutmenge um ca. 2 bis 3 bis 4 p. C. des Körpergewichtes oberhalb des normalen *) endigt. Die Steigerung des Drucks ist hier viel geringer und so unregelmässig, dass man im einzelnen Falle an einer solchen zweifeln könnte, im Mittel aus mehreren Versuchen ist aber eine

*) Diese Grenze ist noch näher zu bestimmen.

Drucksteigerung von 120 bis 130^{mm} zu 165 bis 175^{mm} nicht zu verkennen. 3. ein Territorium, welches oberhalb einer Vermehrung der ursprünglichen Blutmenge um ca. 2 bis 3 bis 4 p. C. des Körpergewichtes anfängt und bei dem höchsten von mir beobachteten Füllungsgrade noch nicht die Grenze erreicht hatte. Hier bleibt der Druck im Wesentlichen unverändert, weil, wie wir annehmen, die Gefässwände abnorm gedehnt worden sind.

Das zweite Territorium ist nun, wie ich glaube, für die Beurtheilung des normalen Fassungsvermögens des Gefässsystems das maassgebende. Während unterhalb dieser Grenze Zeichen der Anämie und Verblutungskrämpfe und oberhalb dieses Territoriums (bei grösserer Füllung) Brechbewegungen und wirkliches Erbrechen auftraten, kamen hier während des Versuchs keine krankhaften Symptome, keine Störungen zum Vorschein. Es verdient desshalb dieses Territorium eine genauere Analyse. — Indem wir hiebei von der normalen Blutmenge ausgehen, werden wir die Druckänderungen (in diesem Territorium) bei der Abnahme und bei der Zunahme mit einander vergleichen. Während der Abnahme der Blutmenge um ca. 1,5 bis 2 p. C. des Körpergewichts sinkt der Druck sofort auf eine niedrige Höhe, steigt aber schnell, — spätestens im Verlaufe einer halben Minute — fast auf das ursprüngliche Niveau und hält sich nun — unter continuirlichen Schwankungen — darauf. Es ist selbstverständlich, dass diese rasch eintretende Steigerung auf eine dauernde Druckhöhe keineswegs mit Hilfe der Annahme eines Ersatzes durch Resorption und Lymphzufluss erklärt werden kann, weil hiezu die Zeit eine viel zu kurze ist. — Während der Zunahme der Blutmenge um 2 bis 3 bis 4 p. C. des Körpergewichtes steigt der Druck und sinkt kurze Zeit nachher rasch unter stetigen Schwankungen hin und her bis fast auf die ursprüngliche Höhe; es ist auch selbstverständlich, dass dieses rasche Sinken auf einen niedrigern und dauernd verbleibenden Mitteldruck keineswegs mit Hilfe der Annahme des Austritts von Blutplasma erklärt werden kann, weil die Zeit des Ausgleiches eine viel zu kurze, und weil die Exsudation selbst bei der grössten Ueberfüllung eine verhältnissmässig nur geringe ist. Die Druckänderungen bei der Abnahme und der Zunahme der normalen Blutmenge sind also einander entsprechend, es geschieht immer eine Druckregulirung im Sinne des Normaldrucks. Die Identität

der Erscheinungen in diesen Territorien geht auch daraus hervor, dass, wie ich glaube, die Effecte der Bluteinspritzungen vom Anfang bis zum Ende dieses Gebietes*) mit einander in voller Uebereinstimmung stehen. Diese Erscheinungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass hier Apparate in Thätigkeit sind, welche stets die Spannung annähernd auf den Normaldruck**) zu bringen suchen. Da dieses unter continuirlichen Schwankungen geschieht, so liegt auch die Annahme nahe, dass diese regulirenden Einflüsse wesentlich von nervöser Natur sind. Diese Annahme gewinnt eine feste und sichere Stütze durch die Beobachtung, dass bei den Thieren mit durchschnittenem Halsmark dieses Territorium weggefallen ist. Bei diesen Thieren sind nur das erste Territorium — die ziemlich regelmässige Steigerung im Laufe der Einspritzungen bis annähernd auf die Höhe des Normaldrucks, — und das dritte Territorium — die Unveränderlichkeit des Drucks im Laufe der nun folgenden Einspritzungen — zu beobachten; ein dazwischen liegendes, zweites Territorium ist entweder gar nicht, oder nur andeutungsweise zu bemerken. Durch diese Thatsache wird es nicht allein höchst wahrscheinlich, dass in diesem zweiten Territorium das Nervensystem regulirend eingreift, sondern auch dass vorzugsweise das vasomotorische Nervensystem in Betracht zu ziehen ist. Ob auch nebenbei die Innervation des Herzens hier eine Rolle spielt, ist fraglich. Allerdings tritt bisweilen bei der Abnahme der Blutmenge eine Vermehrung, bei der Zunahme eine Verminderung der Schlagzahl ein, aber die Erscheinungen sind so inconstant, dass sie vorerst nicht verwerthet werden können. Es liegt auch keine Nothwendigkeit vor, der Innervation des Herzens hier irgend einen wesentlicheren Einfluss zuzuschreiben, weil die Druckänderungen in diesem Territorium sich

*) Man kann aus den Versuchstabellen herauslesen, dass eine solche Uebereinstimmung stattfinden muss; die detaillirte Analyse lässt sich aber weder exact noch kurz wiedergeben, weil die Bluteinspritzungen nicht bei der Abnahme um 2 bis 2,5 p. C., sondern bei Abnahme um ca. 4 p. C. anfingen. Hiedurch wird die Beurtheilung complicirter; es ist aber eine solche Analyse nicht nöthig, weil wir, ohne diese Erscheinungen zu Hilfe zu nehmen, Anhaltspunkte genug haben.

**) Der Druck schwankte um den Normaldruck herum, er stieg von dem Anfang bis zum Ende dieses Territoriums von ca. 130 auf ca. 165 bis 170mm.

genügend erklären lassen mittelst der wohl begründeten Annahme, dass das vasomotorische Nervensystem eingreift, und dem Blutstrome eine bald grössere, bald auch eine geringere Anzahl von Gefässbahnen zugänglich mache. Wenn also namentlich die Blutmenge abnimmt, so ist anzunehmen, dass jetzt eine gesteigerte Thätigkeit des Gefässnervensystems die Contraction einer grösseren oder geringeren Anzahl kleiner Arterien bewirkt; die hierdurch bedingte Verengung steigert den arteriellen Druck. Diese Deutung der Drucksteigerung nach dem Aderlass ist von Werth, wenn man sich darum bemüht, die von vielen Aerzten beobachtete heilsame Wirkung der gewöhnlichen Aderlässe am Menschen von 350 bis 500 Ccm., oder gar von 200 bis 300 Ccm. genauer zu studiren. Wie wir gesehen haben, wird der Druck durch diese im Vergleich zum Körpergewicht geringe Blutmenge nicht auf die Dauer herabgesetzt, weil, wie wir anzunehmen berechtigt sind, das Strombett sich verengt. Dieses weiter zu erörtern überlasse ich den physiologischen Pathologen. Wenn die Blutmenge zunimmt, werden die kleinen Arterien durch die einströmende Blutmenge, welche nicht sofort abfliessen kann, ausgedehnt, in Folge dieser vermehrten Ausdehnung werden möglicher Weise die Muskeln der kleinen Arterien direct gereizt; die kleinen Arterien suchen nun gleichsam, wie ein zweites Herz den Ueberschuss von Blut auszutreiben und der Druck steigt demgemäss kurze Zeit nach der Einspritzung noch mehr in die Höhe. Folgt auf diese gesteigerte eine verminderte Thätigkeit des irritabeln Apparats, so würden sich jetzt der vermehrten Blutmenge eine grössere Anzahl von Gefässnetzen öffnen, sodass sich nun der gesteigerte Druck ausgleichen könnte. Mit dieser Annahme sind alle Druckänderungen, die bei der Vermehrung der Blutmenge in diesem Territorium beobachtet werden, in Uebereinstimmung zu bringen.

C. Plethora. Transfusion.

Somit ist es höchst wahrscheinlich, dass sich innerhalb gewisser Grenzen das Gefässsystem einer grösseren oder geringeren Blutmenge mit Hilfe des vasomotorischen Nervensystems accommodiren kann, ohne dass erhebliche Druckänderung, oder abnorme Ausdehnung der Gefässwände, oder überhaupt irgend ein krankhaftes Symptom auftritt. In der Richtung der abneh-

menden Blutmenge ist dieses von alten Zeiten her bekannt, wenn man sich auch nicht immer genaue Rechenschaft hievon gegeben hat; die Zunahme der Blutmenge dagegen hat man gefürchtet. Sowohl die Aerzte als die Laien haben einen Unterschied zwischen der Vermehrung und Verminderung der Blutmenge statuirt. Viele Aerzte haben sich nicht gescheut, das Blut pfundweise zu entleeren; wohl aber ist es eine alte Sage der Laien, dass es nützlich, ja sogar nöthig sei, dem gesunden Menschen zeitweise Blut zu entziehen, um der Vergrösserung der Blutmenge Schranken zu setzen. Diese Vergrösserung der Blutmenge solle krankhafte Symptome verursachen; die Aerzte fassten sie zusammen in ein gemeinschaftliches Bild und der Begriff Plethora wurde in die Pathologie eingeführt. Obwohl — Dank der objectiven Richtung der modernen Medicin — es sich herausgestellt hat, dass diese Symptome keineswegs ohne Weiteres zu der Annahme einer vermehrten Blutmenge berechtigen, und obwohl der Begriff Plethora im Sinne der Alten verlassen ist, so sind doch analoge Vorstellungen übrig geblieben, die nicht allein in medicinischen Lehrbüchern und Aufsätzen, sondern auch in physiologischen Abhandlungen auftauchen. Es kann möglicherweise der Fall sein, dass selbst eine geringere Vermehrung der Blutmenge Störungen hervorbringt, aber bevor diese durch eine geregelte Experimentaluntersuchung nachgewiesen sind, ist die Annahme des schädlichen Einflusses der vermehrten Blutmenge ohne reellen Hintergrund. — Welch dominirender Einfluss diese Tradition ausgeübt hat, geht am besten aus der Geschichte*) der Transfusion hervor. Seit 1658 bis 1670, als zuerst englische Naturforscher — insbesondere *Lower*, *King*, *Cove* und kurze Zeit nachher der französische Arzt *Jean Denis*, die ersten Transfusionsversuche ausführten, ist bis zum heutigen Tage die Vorsichtsmaassregel ausdrücklich als eine wesentliche hervorgehoben worden, dass in allen den Fällen, in denen unmittelbar vorher keine Blutung stattgefunden hatte, der Transfusion ein entsprechender Aderlass vorangehen muss, damit die Gefahr, welche die abnorm vermehrte Blutmenge hervorbringt, vermieden werde. Trotzdem ist, soweit ich sehe, nirgends ein experi-

---

*) cfr. die sorgfältige Zusammenstellung der Literatur in der Monographie »die Transfusion des Blutes« von *Dr. Franz Gesellius*, Leipzig und Petersburg 1873.

menteller Beweis dafür geliefert worden. Man hat nur gezeigt, dass schnelles Einspritzen und das plötzliche Einführen grosser Blutmengen schädlich wirken, nicht aber, dass die Vermehrung der Blutmenge an und für sich Störungen hervorbringt. Und so mächtig ist diese Anschauung geworden, dass selbst ein so exacter Forscher, wie Hr. Professor *Panum*, welcher in der neueren Zeit auf diesem Gebiete die schätzbarsten Beiträge geliefert hat, jene Vorsichtsmaassregel als eine wesentliche bezeichnet, ohne dass er — wie ich glaube — irgendwo einen experimentellen Beweis dafür geliefert hat. *Panum* sagt:*) »man muss darauf achten, dass die Menge des eingespritzten Blutes ja nicht grösser sei, als die des eben vorher entzogenen, weil sonst die Ueberfüllung des Gefässsystems leicht Blutungen und mancherlei andere Störungen veranlasst«, ferner:**) »wenn nämlich ein zu grosses Blutquantum transfundirt wird, ..., so treten in der That, wie wir später sehen werden, sehr bedenkliche Symptome auf.« Obwohl er, wie erwähnt, im Laufe der nun folgenden Untersuchung keinen experimentellen Beleg, welcher die Gefahr der Vermehrung der Blutmenge an und für sich beweist, liefert, führt er doch am Schlusse unter den »wichtigsten Resultaten dieser Untersuchungsreihe« an,†) »man müsse sich sehr sorgfältig hüten, dass man **n i c h t   d a s   G e f ä s s s y s t e m   ü b e r   d i e   N o r m   h i n a u s   f ü l l e**« . . . .; »die Ueberfüllung des Gefässsystems, deren Gefahren schon die ältesten Beobachter erkannten« u. s. w. Weit entfernt, die werthvollen Untersuchungen *Panum's* verkleinern zu wollen, lag es mir nur ob, zu zeigen, dass selbst der sachkundige Physiologe verführt worden ist, die scharfe Trennung zwischen der Schädlichkeit der vermehrten Blutmenge an und für sich und anderweitigen störenden Einflüssen ausser Acht zu lassen. Merkwürdigerweise liegt in der Geschichte der Transfusion — soweit ich sie kenne — nur ein unzweideutiger Fall vor, in welchem die Blutmenge vermehrt war, und in diesem einen Fall traten keine Störungen ein. Dieser interessante Versuch, welcher von

*) »Experimentelle Untersuchungen über die Transfusion, Transplantation und Substitution des Blutes in theoretischer und praktischer Beziehung.« Virchows Archiv, Bd. 27, J. 1863, S. 254.

**) l. c. S. 264.

†) l. c. S. 451 und 456.

Herrn *Mittler**) im *Stricker*'schen Laboratorium zu Wien ausgeführt worden ist, verdient wegen der grossen Wichtigkeit des Gegenstandes hervorgehoben zu werden. Herr *Mittler* beschreibt den Versuch wie folgt: »ich habe einem mittelgrossen Hunde aus der Schenkelschlagader so lange Blut entzogen, bis Puls- und Athemstillstand eingetreten war. Nun wurde rasch die unmittelbare Transfusion aus der Schenkelarterie eines grossen Hundes in die Cruralvene des eben verblichenen eingeleitet. Das Einströmen erfolgte durch eine mässig weite Canüle bei kräftigem Herzimpulse des grossen Thieres sehr schnell; nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten zeigte der empfangende Hund wieder Puls- und Athembewegungen. Die Wägung ergab, dass derselbe noch einmal so viel Blut empfangen habe, als ihm vorher entzogen worden war, und nach einer Berechnung auf Grundlage der bekannten Daten dürfte das kleinere Thier um ein Sechstel mehr Blut bekommen haben, als es ursprünglich in toto besessen hat.

»Es zeigte nach der Operation Erscheinungen starker Plethora, war lebhaft erregt, angriffslustig, frass und trank jedoch sofort und bot nach 24 Stunden keine abnormen Verhältnisse.

»Bei der Infusion defibrinirten Blutes ist mir ein Austausch in solchem Umfang und mit gleichem Erfolge nicht gelungen.«

Soweit *Mittler*. Die Blutmenge konnte also um ein Sechstel vermehrt werden, ohne dass das Wohlbefinden des Thieres 24 Stunden nach der Operation merklich gestört war.**)

Mittler glaubt aus diesem Versuche und andern mit faserstofflosem Blut schliessen zu können, dass es »bei der Infusion faserstofflosen Blutes nöthig ist, vorher eine entsprechende Depletion vorzunehmen«, dass aber diese Vorsichtsmaassregel bei der

---

*) »Versuche über Transfusion des Blutes«, von *Dr. Heinrich Mittler*, Wiener Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. LVIII, Abth. II, Nov.-Heft Jahrg. 1868, S. 8—9.

**) Allerdings zeigte das Thier unmittelbar nach der Operation Erscheinungen starker Plethora. Obwohl es mir nicht klar ist, welche Erscheinungen damit gemeint seien, kann ich es doch sehr gut begreifen, dass das Thier durch die Operation aufgeregt worden, dass ausserdem auch Erscheinungen, welche der sogenannten Plethora angehören, auftraten, weil sicherlich eine gewisse Zeit nöthig ist, damit sich die Accommodation vollendet, insbesondere in solchen Versuchen, in denen, wie es hier der Fall war, das Einströmen schnell geschah.

unmittelbaren Transfusion*) von weit geringerer Bedeutung ist. Leider hat er nicht die Versuche mit defibrinirtem Blut beschrieben, so dass man diese nicht in Betracht ziehen kann.

Der Versuch *Mittler's* ist also mit dem Ergebnisse meiner Beobachtung in Uebereinstimmung, dass der Organismus sich bis zu einer gewissen Grenze auch grösseren Blutmengen ohne irgend eine nennenswerthe Störung accommodiren kann. Wenn aber dies der Fall ist, so wird es mir fraglich, ob die sogenannte normale Blutmenge eine constante Grösse, oder ob sie nicht vielmehr auch im normalen Leben gewissen Schwankungen unterworfen ist. Nach dem Vorgange von *Valentin*, *Welcker* u. A. haben die Physiologen der Jetztzeit aus ihren Bestimmungen den Schluss gezogen: »die Natur hat einen gewissen unveränderlichen Prozentgehalt des Gesammtkörpers an Blut festgestellt und behauptet diesen Prozentwerth auch in den Zehrkrankheiten, wo fast keine Nahrung genommen wird, durch Aufnahme aus den Geweben.«**) Es mag dies insofern richtig sein, als die Schwankungen der Blutmenge sich nur innerhalb gewisser Grenzen bewegen können, aber dass innerhalb dieser Grenzen der prozentische Gehalt des Körpers an Blut wechseln könne, ist mir nicht unwahrscheinlich. Es sind Umstände genug vorhanden, welche selbst unter normalen Verhältnissen eine Vermehrung oder Verminderung der Blutmenge bedingen können. Ich bin weit entfernt davon, die Bestimmungsmethode der normalen Blutmenge zu bemäkeln; die Verdienste, welche die neuere Physiologie sich auch hier erworben hat, sind nicht zu unterschätzen. Ich gebe gern zu, dass man mit Hilfe der Färbekraftbestimmungen die Menge des rothen Blutfarbstoffs im Körper

---

*) Vor Kurzem hat *Dr. O. Hasse* in Nordhausen (in 12 Fällen, hauptsächlich chronische Krankheiten) die directe Transfusion von arteriellem Lammesblut in den Menschen versucht. Ob auch er der Transfusion stets einen Aderlass vorausgehen liess, ist aus dem Referate seines Vortrags in der Naturforscherversammlung in Wiesbaden (cfr. Deutsche Klinik. No. 45. J. 1873. pag. 418—419) nicht zu entnehmen. — Diese alten Versuche *Denis'* sind auch in Italien neuerdings aufgenommen worden. cfr. *Giuseppe Albini:* »relazione sulla transfusione diretta di sangue d'agnello.« Rendiconti della R. Accademia delle Scienze fisiche e. matematiche di Napoli. Fascicolo 12. Dicembre 1872.

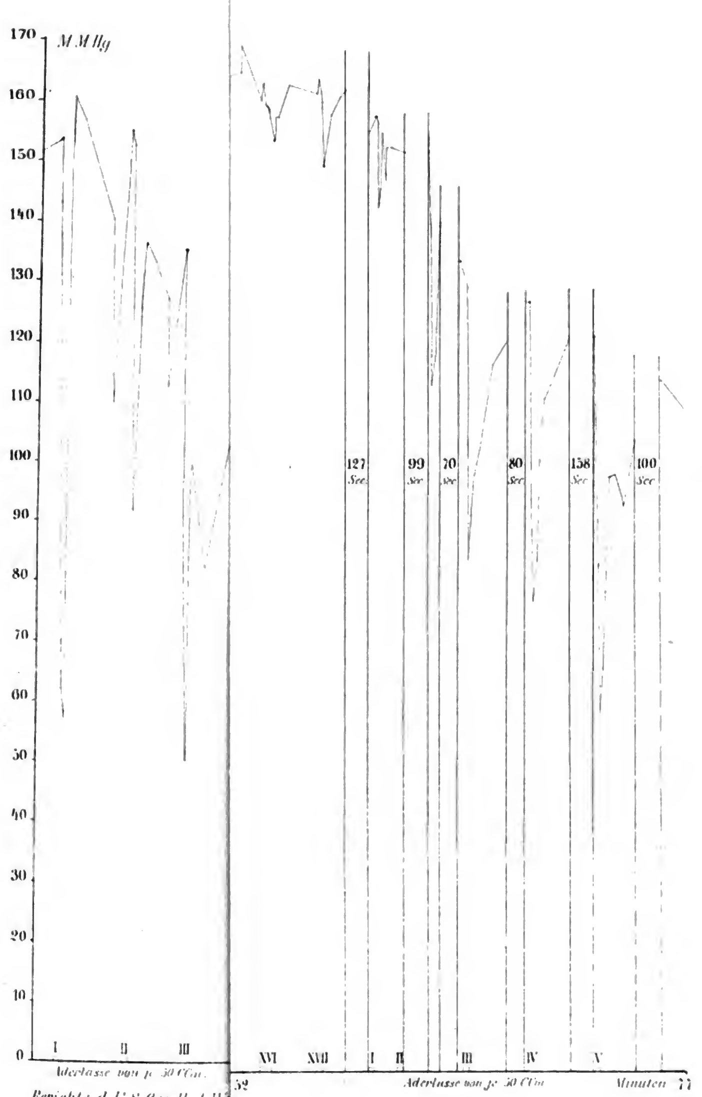
**) *Valentin*, Repertorium Bd. III. 289. *Panum*, experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen der Mengeverhältnisse des Blutes etc. Virchows Archiv Bd. XXIX. J. 1864. S. 256.

feststellen und dass man dadurch vielleicht auch eine annähernd richtige Vorstellung über die normale Blutmenge erhalten kann, glaube aber nicht, dass man im Stande ist, die Schwankungen der normalen Blutmenge innerhalb engerer Grenzen zu erforschen, hauptsächlich weil wir das Verhältniss zwischen den rothen Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit in den verschiedenen Organen unter verschiedenen Umständen nicht ermitteln können. Und auf dieses Verhältniss kommt es wesentlich an, da anzunehmen ist, dass etwaige Schwankungen vorzugsweise durch Abnahme, resp. Zunahme des Blutplasmas bedingt sind. Man kann sich hier nicht ganz mit der Unterstellung beruhigen, dass die Vertheilung der Blutkörperchen überall eine gleichmässige sei. »*Vierordt**) fand mittelst der Zählungsmethode in dem bei der Verblutung eines grossen Thieres zuletzt ausgeflossenen Blute nur 52 bis 68 p. C. der anfangs vorhandenen Zahl der Blutkörperchen.« Dieser interessante Befund, der eine Controle und nähere Untersuchung mittelst der Färbekraftbestimmung verdient, ist wohl hauptsächlich oder vielleicht ausschliesslich darin begründet, dass während der Verblutung ein nicht unerhebliches Quantum seröser und wässeriger Flüssigkeit resorbirt worden ist. Es ist aber nicht ohne Weiteres wegzuleugnen, dass dies zum Theil auch davon herrühren könne, dass das zuletzt ausfliessende Blut von Gefässbezirken kommt, in denen das Verhältniss zwischen Blutkörperchen und Blutflüssigkeit ein mehr oder weniger abweichendes ist. Eine solche Abweichung ist z. B. im Blute der Unterleibsgefässe denkbar, nach der Einnahme von Speisen und Getränke. Es ist hier nicht der Ort, diese und andere Möglichkeiten zu erörtern. Ich will nur bemerken, dass die Annahme der Unveränderlichkeit der Blutmenge nicht allzutief in das Bewusstsein der Aerzte und Physiologen eingedrungen ist. So wird es vielfach angenommen, dass nach den Mahlzeiten eine vorübergehende Vermehrung der Blutmenge stattfinde, dass diese eine Drucksteigerung — den vollen und gespannten Puls nach reichlichen Mahlzeiten — zu Folge habe. Gegen diese Annahme der Inhaltszunahme des Gefässsystems nach den Mahlzeiten ist an und für sich Nichts einzuwenden. Wenn man aber mit Zuhilfenahme derselben den vollen und gespannten Puls erklären will, so ist das ein Irrthum;

*) Citirt nach *Panum*, experimentelle Untersuchungen über die Mengeverhältnisse etc. S. 248.

denn jedenfalls ist durch meine Untersuchungen mit Sicherheit festgestellt, dass selbst eine grössere Vermehrung der Blutmenge ohne irgend eine bemerkenswerthe Drucksteigerung geschehen kann. Hiermit will ich keineswegs bestreiten, dass die Drucksteigerung nach den Mahlzeiten mit diesen im Zusammenhang stehe, aber es machen sich hier so viele anderweitige Einflüsse geltend, dass eine detaillirte Analyse nothwendig ist, bevor man einen bestimmten Erklärungsgrund für den vollen und gespannten Puls, welcher gewöhnlich nach reichlichen Mahlzeiten auftritt, angeben kann.

Es ist meine Hoffnung, dass der Fleiss, welchen ich auf die Ausarbeitung dieser Abhandlung angewandt habe, Früchte tragen werde, dass sie eine wichtige Vorarbeit für spätere Untersuchungen auf diesem Gebiete sei. — Für die werthvollen Auskünfte, welche ich von Herrn Professor *Ludwig* erhalten habe, spreche ich ihm meinen besten Dank aus.



Berichte d. K. S. Gesell. d. W.
Zur Abhandlung von Dr. H

Dr. Kronid Slavjansky, *Ueber die Abhängigkeit der mittleren Strömung des Blutes von dem Erregungsgrade der sympathischen Gefässnerven.* Aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit zwei Holzschnitten.

Mit Sicherheit lässt sich voraussagen, nach welcher Richtung hin sich die Geschwindigkeit in einem Aste der Aorta änderte, wenn nur seine Nerven ihren bisherigen Erregungsgrad mit einem andern vertauschten. Die Aenderung der Geschwindigkeit in dem Stamme der Aorta bleibt dagegen unbestimmt, wenn die Nerven einer grössern Zahl ihrer Aeste in einen andern Erregungsgrad übergehen. Wird z. B. dieser letztere von einem niedern zu einem höhern Werthe gebracht, so wächst der Druck in der Aorta; zunächst unzweifelhaft darum, weil sich in ihr das Blut anstaut, da eine Anzahl ihrer Ausflussmündungen gesperrt ist. Dieses Emporgehen des Druckes erreicht jedoch trotz der andauernden Reizung der Gefässnerven alsbald eine Grenze, die offenbar dann gewonnen ist, wenn sich der Zufluss aus dem Herzen mit dem Abfluss nach den Capillaren hin ins Gleichgewicht gesetzt hat. Ist dieses letztere eingetreten, so lässt sich ohne Zuhülfenahme neuer Kennzeichen nicht mehr entscheiden, ob die Geschwindigkeit während des höheren Drucks im Vergleich zu der während eines niederen vermehrt oder vermindert war. Ob das Eine oder das Andere eintritt, wird davon abhängen, inwieweit sich die Verengung einer Anzahl von Ausflussmündungen durch die Ausdehnung ausgeglichen hat, welche andere in Folge des höheren Druckes erfuhren. Bei den vielfachen und meist schwer zugänglichen Verzweigungen des Aortenbaumes kann hierüber ein Aufschluss nur erfolgen, wenn man die Aenderungen der Geschwindigkeit in einem der Stämme des Gefässsystemes zu be-

stimmen vermag, in welchem sehr viele oder gar alle Aeste desselben zusammenfliessen.

Als Herr Prof. *C. Ludwig* mir den Vorschlag machte, mich mit der Lösung dieser Aufgabe zu beschäftigen und mir dabei auch die Wege andeutete, welche zu dem gewünschten Ziele führen könnten, war ich der Wichtigkeit des Gegenstandes wegen gern bereit, der Aufforderung zu folgen.

Meinem Vorhaben gemäss hatte ich also das Blutvolum zu bestimmen, das den Querschnitt eines Gefässes erster Ordnung in einer bestimmten Zeit passirte, während welcher sich eine möglichst grosse Anzahl von Vasomotoren entweder in dem ruhenden oder in dem erregten Zustande befand. — Das Blutvolum, welches durch die Gefässe floss, bestimmte ich dadurch, dass ich die letzteren öffnete und die aus ihnen hervorströmende Flüssigkeitsmenge maass. Die Orte, an welchen ich dieses ausführte, waren die vena cava inferior und die arteria carotis. Nachdem die Ausflussmenge in der Zeiteinheit gemessen war, wurde das entleerte Blut allsogleich in das Gefässsystem zurückgeführt, so dass die verschiedenen, an demselben Thiere angestellten Beobachtungen von einem immer gleichen Blutgehalt des letztern ausgingen. — Den Erregungsgrad einer möglichst grossen Anzahl von Vasomotoren änderte ich in weiten Grenzen dadurch, dass ich das Mark in der Höhe des zweiten Halswirbels durchschnitt, und dieses entweder in Ruhe liess oder tetanisirte. Da dieses letzte Verfahren allen Versuchen gemeinsam war, so werde ich dasselbe zuerst beschreiben.

Armirung des Halsmarkes. Die zum Versuche ausgewählten Thiere waren kleine und womöglich junge Hunde oder erwachsene Kaninchen; sie wurden curaresirt und durch künstliche Respiration am Leben erhalten. An ihnen wurde nach sorgfältiger Lostrennung der entsprechenden Muskeln, wobei jede Blutung ängstlich vermieden wurde, der Bogen des zweiten Halswirbels blossgelegt und darauf dieser mittels des Trepans beiderseits von der Mittellinie durchbohrt; unter Beihülfe der Knochenzange wurde die Brücke zwischen den beiden Trepanlöchern weggebrochen, so dass die dura mater zu Tage kam. Alsdann wurde diese und darauf auch das Rückenmark auf einer gebogenen Sonde durchschnitten. In den Sack der harten Hirnhaut wurden alsbald zwei Electroden eingeschoben und zwar so, dass die eine derselben um einige Millimeter tiefer als die andere hinab-

reichte. Diese Electroden selbst bestanden aus Platindräthen, welche bis auf ihre in dem Wirbelcanal befindliche äusserste Spitze durch überfirnisste Seidenfäden sorgfältig isolirt waren. In der ihnen gegebenen Lage wurden sie durch ein Korkstück festgehalten, welches zwischen beide in die Knochenwunde eingeklemmt wurde. Dieses letztere selbst ward an seiner Stelle noch durch einen Faden fixirt, der beiderseits zwischen den Nackenmuskeln durchgezogen und zugeschnürt war.

1. Versuchsreihe an der vena cava inferior.

Um die genannte Vene kurz vor ihrem Eintritt in das Herz zugängig zu machen, schritt man zur Eröffnung der Brusthöhle, die auf bekannte Weise längs des Brustbeins geschah. War dieses unter sorgfältiger Vermeidung der Blutung geschehen, so wurde die rechte vena jugularis blossgelegt, nach oben hin unterbunden, nach unten mit einer Klemme verschlossen und in der Mitte zwischen beiden Schlussstellen eröffnet. Alsbald wurde auch mit einer gekrümmten, stumpfen, gestielten Nadel eine starke und lange Seidenschnur nahe am Herzen um die vena cava inferior geführt. War diese an ihre Stelle gebracht, so schob man eine entsprechend weite unten und oben offene Metallröhre in die Wunde der v. jugularis und band die Wand der letzteren auf der Röhre fest. Darauf wurde eine einprozentige Kochsalzlösung in die Röhre gefüllt, so dass auch keine Spur von Luft in ihr zurückblieb und hierauf das freie Ende der Röhre mit einer Klemme verschlossen, die auf dem Kautschukröhrchen steckte, welches sich am äussern Ende der Metallröhre befand. Sollte nach diesen Vorbereitungen zu einer Blutentleerung geschritten werden, so eröffnete man die Klemme, welche unterhalb des Metallrohrs an der v. jugularis sass und schob dieses in der Vene durch den rechten Vorhof hindurch vorwärts, bis sein unteres Ende jenseits der Schnur angelangt war, welche die vena cava inferior umgab. Da die Enden dieser letzteren durch einen langen Ligaturstab aus Hartgummi hindurch gezogen waren, so konnte man die v. cava inferior auf dem Metallrohre kurz über seiner unteren Mündung festbinden, so dass sich alles Blut, welches in dasselbe von unten her eindrang, mit Umgehung des Herzens nach aussen entleeren konnte. — Um die Geschwindigkeit zu messen, mit welcher sich das Blut durch das Metallrohr ergoss, diente ein Apparat, welchen der umstehende Holzschnitt



versinnlicht. Es bestand dieser aus dem Glasgefäss *A*, welches an seinem Körper die beiden Tubulaturen *b* und *c*, an seinem Deckel aber die Tubulatur *d* trug. Der Deckel war luftdicht eingesetzt und durch die Spange *ff* in seiner Lage festgehalten. Im Innern des Glasgefässes lag ein grosser Beutel *e*, der aus weichem rothen Gummi gemacht und mit einem Hals versehen war, welcher auf einem Glasrohre *g* steckte, das durch die Tubulatur *c* nach aussen ging. In dieser sassen Glasrohr und Beutel ebenfalls luftdicht. Mit dem freien Ende des Glasrohres war der Kautschuk in Verbindung zu setzen, welcher sich am freien Ende der Metallröhre befand, die aus der vena jugularis hervorging. In die Tubulatur *b* war das Glasrohr *h* eingesetzt, welches mit einem weiten Hahne zu verschliessen war. Unterhalb dieses lief das Glasrohr in einen weiten Kautschukschlauch aus. Die Tubulatur des Deckels *d* nahm ebenfalls ein Glasrohr auf, in welchem sich ein Glashahn befand. Jenseits dieses erhob sich ein Kautschukschlauch, welcher in ein Glasgefäss *B* mündete, das etwa 0,75 Meter hoch über dem Glasgefäss *A* in einem Stative ruhete. Vor dem Gebrauche war aus dem Beutel *e* alle Luft ausgesaugt, das Glasgefäss *A* dagegen vollkommen mit Wasser angefüllt worden. Die Absicht, welche mit dieser Abtheilung des Apparates erreicht werden sollte, ist leicht zu verstehen. Wenn die Klemme bei *g* und der Hahn bei *h* geöffnet, der bei *d* dagegen verschlossen war, so konnte das Blut ohne allen Widerstand in den Beutel *e* überfliessen. In dem Maasse, in welchem sich derselbe füllte, entzog das Rohr *h* dem Gefässe *A* Wasser, welches aus dem nach unten gerichteten Kautschukrohre abfloss. Wollte man die Entleerung des Blutes unterbrechen, so brauchte man nur den Hahn *h* zu schliessen. Wenn dieses vollbracht war, so konnte man auch das Blut aus dem Beutel *e* sogleich wieder in die Vene zurückführen und zwar dadurch, dass man den Hahn bei *d* öffnete, wodurch die Entleerung unter dem Drucke des Gefässes *B* geschah. — Als Maass für die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Beutel *e* aus dem Blute der Vene füllte, diente das Wassermanometer *i k l*, welches durch die Glasfeder *m* seinen Wasserstand auf einen mit bekannter Geschwindigkeit vorübergeführten Papierstreifen aufschrieb. Da der weite und enge Schenkel *i* und *l* des Manometers calibrirt waren, so liess sich aus der Erhebung der Feder *m* ableiten, wieviel Wasser in einer gegebenen Zeit durch den Hahn *h* des Glas-

gefässes *A* in den weiten Schenkel des Manometers *i* übergetreten war. Um das Manometer rasch entleeren zu können, trug sein horizontaler Schenkel *k* ein abwärts gerichtetes Röhrchen, welches durch Kautschuk und eine Klemme geöffnet und geschlossen werden konnte.

Nachdem ich das Verfahren, soweit es zum Verständniss desselben nothwendig ist, geschildert habe, werde ich zur Erörterung der Leistung übergehen, zu welcher es mir befähigt erscheint. Es dürfte keinem Zweifel unterworfen sein, dass die Blutmengen, welche in den Kautschukbeutel übertreten, von der Feder des Manometers wahrheitsgemäss aufgeschrieben werden. Unsere Betrachtung hätte sich also nur mit der Frage zu beschäftigen, in welchem Verhältniss die Blutvolumina, die in das Metallrohr übertreten, zu dem Strome in dem Körper des Thieres stehen. Um diese Frage zu erledigen, mache ich zunächst die Annahme, dass alles Blut, welches aus den Wurzeln der vena cava inferior in diese entleert wird, auch aus dem Metallrohr hervortrete. Unter dieser Bedingung setzt sich das aus der vena cava ausgeflossene Volum aus zwei Antheilen zusammen. Der erste derselben gehört dem Vorrath an, welcher in den Venen auch dann noch vorhanden ist, wenn in sie von Seiten der Capillaren her keine neue Flüssigkeit nachgeschoben wird. Da jener in weitverzweigten und z. Th. engen Röhren aufgespeichert liegt und zwar so, dass seine Spannung von den Gefässen kleinen Kalibers zu denen von grösserem in einer sehr allmäligen Abnahme begriffen ist, so wird im Beginn des Abfliessens die Geschwindigkeit des letzteren eine bedeutendere, im weiteren Verlauf des Ausströmens aber in einer stetigen Abnahme begriffen sein. Die Richtigkeit dieser Betrachtung empfängt ihre Bestätigung, ganz abgesehen von bekannten mechanischen Grundsätzen, durch die Erscheinungen, welche man an dem eben getödteten pulslosen Thiere gewinnen kann, dem man in der oben beschriebenen Weise ein Röhrchen in die vena cava inferior gebunden hat.

Der zweite Antheil der Flüssigkeitsmenge, die am lebenden Thiere aus der v. cava inferior hervorgeht, rührt von dem Blute her, welches das Herz in die Wurzeln der v. cava hinübertreibt, denn jenes wird noch von der v. cava superior her mit Blut versorgt. Diese Behauptung, welche man aus theoretischen

Gründen anzufechten geneigt sein könnte, empfängt ihre Stütze durch die folgende Beobachtung.

In ihr wurde die Blutung aus der v. cava in passenden Zwischenräumen viermal nacheinander vorgenommen, zuerst bei offener aorta thoracica, die zweite und dritte, während das zuletzt genannte Gefäss unmittelbar über dem Zwerchfell durch einen Faden auf dem Ligaturstäbchen zugeschnürt war, und die vierte endlich, nachdem die Lichtung der Aorta wieder hergestellt worden. Jede der Blutungen dauerte 25 Secunden, die durch eine derselben in den Beutel übergeführte Blutmenge wurde nach Verfluss der 25 Secunden dem Herzen zurückgegeben, was, wie ich ein für allemal bemerke, in allen Versuchen geschah, in welchen die Blutung mehrmal hintereinander ausgeführt wurde. Nachdem das Blut in das Thier zurückgebracht war, wurde das Metallrohr aus der Vene herausgezogen, um zu constatiren, dass nirgends eine Gerinnung bestand. Zum vollen Verständniss der folgenden Zahlen gehören noch die Bemerkungen, dass die notirten Blutdrücke in der arteria carotis gemessen sind und dass jeder einzelne derselben den Mittelwerth während je 5 Secunden anzeigt. Jede der Zahlen, welche vor dem Worte »Blutmenge« stehen, geben, in Ccm. gemessen, das während je 5 Secunden ausgeflossene Volum an.

Hund. Körpergewicht 4370 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	Secunden.
Aorta offen	21	20	19	18	17	23	Druck in Millimetern Hg.
		20,6	12,7	12	8,7	16	Blutmenge in Ccm. (Sa. 70 Ccm.).
Aorta thoracica unterbunden.	103	102	97	93	89	84	Druck in Millimetern Hg.
		18,6	8	5,4	3,3	3,3	Blutmenge in Ccm. (Sa. 38 Ccm.).
Aorta thoracica unterbunden.	108	106	105	101	97	93	Druck in Millimetern Hg.
		15,3	11,3	9,4	5,3	5,3	Blutmenge in Ccm. (Sa. 46,6 Ccm.).
Aorta offen	48	46	44	42	38	34	Druck in Millimetern.
		18,6	12,7	11,3	9,4	8,6	Blutmenge in Ccm. (Sa. 60,6 Mm.).

Die Zahlen lehren, dass die Ausflussgeschwindigkeit während der Zeit, in welcher die Aorta offen stand, nicht unbeträchtlich grösser ist, als während der Verschliessung derselben. Da die Aorta erst unmittelbar vor dem Beginn der Blutung geschlossen wurde, so kann der hervorgetretene Unterschied nicht in einer anderen Vertheilung des Blutes durch den Körper hindurch gesucht werden; es kann somit der Ausfall, der während der Aortenverschliessung auftritt, nur darauf geschoben werden, dass

zu dieser Zeit weniger Blut vom Herzen her in die Wurzeln der v. cava inferior geworfen wurde. Diese Annahme gewinnt noch dadurch an Sicherheit, dass nicht bloss in den ersten 10 Secunden die Ausflussmenge während der Aortenunterbindung gegen die bei offener Aorta zurückstand, sondern dass dieses, und zwar in noch viel höherem Maasse, auch später eintrat.

Aus diesem Versuche, dem ich später noch einen andern gleichlautenden anreihen werde, geht also mit Sicherheit hervor, dass unter den von mir gewählten Bedingungen das aus der vena cava abfliessende Blut zum nicht geringen Theile von demjenigen vorgeschoben wird, welches während der Versuchsdauer aus dem Herzen kommt; aber auch dieser Antheil muss aus bekannten Gründen während der Dauer des Versuches in einer steten Abnahme begriffen sein.

Bis dahin wurde unterstellt, dass das Blut, welches aus den untern Extremitäten, der Wand und den Eingeweiden des Bauches in die v. cava übertrete, auch durch das Metallrohr zum Abfluss gelange. Dieses ist jedoch nachweislich nicht der Fall, denn es nimmt auch noch ein Theil desselben seinen Weg zum Herzen, durch die mehrfachen Verbindungen, welche inner- und ausserhalb des Wirbelkanals zwischen der oberen und unteren Hohlvene bestehen. Trotzdem dass innerhalb des Kautschukbeutels während der ganzen Versuchsdauer ein Druck herrscht, der unter dem atmosphärischen liegt, ist doch der Widerstand, welcher in der Richtung zum Manometer besteht, keineswegs als verschwindend anzusehen gegen den, welchen das Blut auf den natürlichen Verbindungswegen zwischen der oberen und unteren Hohlvene zu überwinden hat. Denn zum Herzen fliesst es durch weite und verhältnissmässig kurze Röhren mit elastischer Wandung, während es nur durch das lange, engere und steife Metallrohr zu dem Kautschukbeutel gelangen kann. Die soeben vorgebrachte Behauptung findet ihre Bestätigung, wenn man ohne jegliche Belästigung der Aorta einen Druck auf den Unterleib ausführt, während die Metallröhre in der v. cava inferior sitzt. Durch ihn wird nicht allein der Ausfluss aus der Röhre beschleunigt, sondern es steigt auch alsbald nachher der Druck in der arteria carotis, ein Umstand, welcher die Vertheilung der vermehrt zuströmenden Blutmenge zwischen die Ausflussrohre und das Herz unzweideutig beweist. Dem Ort des Druckes und der Anordnung des Versuchs gemäss kann aber der gesteigerte

Zufluss zum Herzen nur durch die Verbindungen zwischen den beiden Hohlvenen geschehen.

Wie gross der Antheil ist, welcher von dem Blute der v. cava inferior unter Vermeidung des Metallrohrs zum Herzen gelangt, bleibt natürlich unbekannt; ebenso lässt sich auch nichts sicheres über das Verhältniss der beiden Zweigströme zu einander angeben, wenn die Geschwindigkeit des Stromes in der v. cava inferior variirt. Den Eigenschaften gemäss, welche den Wandungen der beiden Stromzweige zukommen, dürfte es jedoch nicht unwahrscheinlich sein, dass bei einer grösseren Geschwindigkeit in der unteren Hohlvene die natürliche Bahn einen bedeutenderen Bruchtheil von dem Gesammtstrome als bei einer geringeren Stromstärke daselbst empfängt, weil die nachgiebigen Wandungen der natürlichen Bahn dem beschleunigten Strome weniger Widerstand bieten werden als das starre Metall der künstlich eröffneten Bahn.

Nach diesen Mittheilungen werde ich nicht mehr dem Verdachte ausgesetzt sein, als ob ich im Sinne hätte, die Strömungsvorgänge in den von mir verwendeten Thieren mit den natürlichen zu identificiren. Ich halte es im Gegentheil für gewiss, dass die absoluten Blutmengen, welche in gleichen Zeiten an unversehrten Thieren durch die untere Hohlvene zum Herzen strömen, andere sein werden als die, welche aus dem Metallrohre ausfliessen. Dieses Zugeständniss lässt sich jedoch mit der Behauptung vereinigen, dass die Aenderungen des Stromes im Metallrohr in gleichem Sinne mit denjenigen geben, welche in den Wurzeln der v. cava stattfinden. Meine Versuche machen darum nur den Anspruch auf den Nachweis, dass der Ausfluss aus dem Metallrohr vermehrt wird, wenn ein Gleiches mit dem Zufluss in die Wurzeln der Hohlvene stattgefunden hat. Für den Zweck, zu dem sie angestellt wurden, wird ihnen selbst bei dieser Beschränkung ihr Werth nicht genommen, denn es sollte ja nur geprüft werden, ob während der gleichzeitigen Reizung einer grossen Zahl von sympathischen Gefässnerven die Geschwindigkeit des Gesammtstromes vermehrt oder vermindert werde. Hierüber kann also immer ein Aufschluss gegeben werden, da das Blut, welches in die untere Hohlvene einströmt, seinen Weg durch Knochen, Muskeln, die Haut und die Baucheingeweide, also durch Organe nimmt, welche in der verschiedensten Abhängigkeit von den Gefässnerven stehen.

Mancher meiner Leser wird bei der Durchsicht der methodischen Bemerkungen vielleicht schon die Frage erhoben haben, wesshalb ich es nicht vorgezogen, das Metallrohr in die uneröffnete Brusthöhle einzusenken, da doch unter diesen Umständen der Blutstrom unter Bedingungen beobachtet worden wäre, die den gewöhnlichen näher gestanden hätten. Auf diesen Einwurf ist zu erwidern, dass der Abfluss aus dem Metallrohre bei geschlossener Brusthöhle aus zwei Gründen doppelsinniger gewesen sein würde, wie er es bei der geöffneten war. Der Druck, welcher auf der äusseren Wandfläche der v. cava inferior lastet, ist, wie bekannt, geringer, als der atmosphärische, und ausserdem wegen der veränderlichen Ausdehnung der Lunge inconstant. Um demgemäss die aus der Brusthöhle hervorragende Mündung des Metallrohrs in gleich günstige Bedingungen zu setzen, wie sie dem Herzen gewährt sind, hätte man jenes ebenfalls mit einer saugenden Flüssigkeitssäule versehen müssen, die in demselben Maasse und in denselben Zeiten wie die Saugwirkung der Lunge zu verkleinern und zu vergrössern gewesen wäre. Dass es unmöglich ist, diese Bedingung zu erfüllen, bedarf für den Kenner keiner weiteren Bemerkung. — Der zweite Grund, welcher mich bewegen musste, die Brusthöhle zu eröffnen, lag darin, dass es nur nach dieser Operation möglich war, die Metallröhre in der Lichtung der unteren Hohlvene so zu befestigen, dass neben ihr dem Blute kein Weg in den Vorhof offen blieb. Wie sehr dieses nothwendig, geht aus der folgenden Beobachtung hervor. In dieser war ein Hund von 4270 Gramm Körpergewicht so vorbereitet, wie ich es beschrieben habe. Es wurden an demselben zwei Blutungen kurz hintereinander ausgeführt; während der ersten derselben war das Metallrohr in die v. cava inferior eingesteckt, ohne dass die letztere auf jenem festgebunden war, während der zweiten Blutung dagegen war die Schlinge um die v. cava zugezogen. Es ergab sich:

Hund. Körpergewicht 4270 Gramm.

	0	6	10	15	20	25	Secunden.
Metallrohr eingesteckt.	49	44	38	34	32	29	Druck in Millimetern Hg.
		12,3	9,7	8	8,6	6,4	Sa. 45 Ccm. ausgefl. Blutmenge.
Metallrohr eingebunden.	29	27	25	24	23	22	Druck in Millimetern Hg.
		18	10,3	11	8,7	8	Sa. 56 Ccm. ausgefl. Blutmenge.

Man mag hieraus ersehen, wie nothwendig es ist, das Metallrohr in die Vene einzubinden; denn niemals vermag sich

dasselbe an die Wand der v. cava hermetisch anzuschliessen, da es einen geringeren Durchmesser als die v. cava inferior besitzen muss, weil es durch die engere v. jugularis zu der weiteren v. cava zu gelangen hat. Durch die Eröffnung der Brusthöhle gewinnt man ausserdem den Vortheil, dass, weil der äussere Druck auf die v. cava inferior constant bleibt, auch der am freien Ende des Metallrohrs vorhandene unveränderlich erhalten werden kann. Es ist vortheilhaft, diesen letzteren um einige Ccm. Wasser niedriger als den barometrischen zu stellen, da man hierdurch einen Theil der Widerstände compensirt, die das Metallrohr einführt. Ueber die genannte Länge des saugenden Rohres darf man jedoch nicht hinausgehen, weil sonst die weiche Wand der v. cava vor der Mündung des eingesetzten Metallrohrs durch Ansaugung verschlossen wird, wodurch dann dem Strome in der Richtung des Rohres statt einer Verminderung eine Vermehrung des Widerstandes erzeugt würde. — Nach der Eröffnung der Brusthöhle lässt sich, wie erwähnt, die Wand der Hohlvene auf das Metallrohr fest schlingen, so dass dem Blute ein Nebenweg verschlossen wird, welcher wegen seiner Veränderlichkeit vorzugsweise störend wirken muss. Da nun aber durch das Aufbinden der v. cava eine Stauung des Blutes unterhalb der Unterbindungsstelle zu erwarten war, so wurde diese jedesmal etwa 1 bis 2 Secunden vor dem Beginn der Verblutung ausgeführt. Die beliebige Abgrenzung dieses Zeitraums gelang, weil die Schlinge auf dem Unterbindungsstäbchen sass, so dass die seidene Schnur vor der Brustwand nur fest angezogen werden durfte, um die Einschnürung zu erreichen. Nachdem die Blutung die gewünschte Zeit hindurch angedauert hatte, wurde der Faden auf dem Stäbchen wieder gelöst und somit die directe Verbindung der unteren Körperhälfte mit den Herzen wieder hergestellt.

Ich gehe nun zu der Mittheilung der Resultate über, welche ich aus einer Vergleichung der Blutungen während des ruhenden und gereizten Rückenmarkes am curaresirten Thiere erhalten habe. Um die Wirkung der Reizung in allen Stadien zu studiren, wurde entweder mit der Blutung und der Reizung gleichzeitig begonnen, oder diese zu der schon bestehenden Blutung hinzugefügt, oder mit der Blutung erst begonnen, nachdem die Reizung einige Zeit bestanden hatte, oder auch, nachdem das Rückenmark schon kürzere oder längere Zeit aus dem Inductionsstrome ausge-

schaltet war. In allen Fällen wurde neben der ausgeflossenen Blutmenge auch noch der Druck in der arteria carotis bestimmt.

Hund. Körpergewicht 4860 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	Secunden.
Blutung ohne Reizung des Rückenmarkes.	29	27	25	23	23	21	Druck in Millimetern Hg.
		14	11,3	10	8,7	10,6	Sa. 54,6 Ccm. = 1,12 p.C. d. Kpgw.
Blutung u. Reizung d. Rückenmarks beginnen gleichzeitig.	29	40	51	61	69	74	Druck in Millimetern Hg.
		16	14,6	14,7	13,3	12,7	Sa. 71,3 Ccm. = 1,46 p.C. d. Kpgw.
Die Blutung beginnt 95 Sec. nach beendeter Reizung.	55	46	38	34	30	29	Druck in Millimetern Hg
		16	6,6	18	12,7	10,7	Sa. 64 Ccm. = 1,31 p.C. d. Kpgw.
Blutung u. Reizung d. Rückenmarkes beginnen gleichzeitig.	27	38	53	61	70	76	Druck in Millimetern Hg.
		13,3	14	13,3	14	10,7	Sa. 65,3 Ccm. = 1,35 p.C. d. Kpgw.
Die Blutung beginnt 45 Sec. nach beendeter Reizung.	95	67	55	48	40	36	Druck in Millimetern Hg.
		19	13	13,3	11,3	11	Sa. 67,6 Ccm. = 1,40 p.C. d. Kpgw.
Die Blutung beginnt 155 Sec. nach beendeter Reizung.	38	34	31	28	25	23	Druck in Millimetern Hg.
		14,6	11,4	11,3	11,3	9,4	Sa. 58 Ccm. = 1,19 p.C. d. Kpgw.

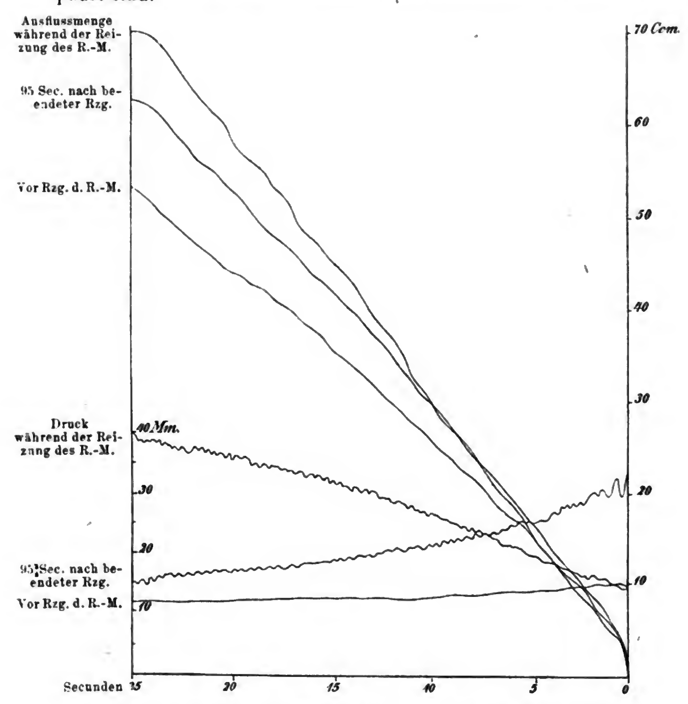
Hund. Körpergewicht 6550 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	Secunden.
Blutung ohne Reizung des Rückenmarkes.	38	36	35	34	34	32	Druck in Millimetern Hg.
		17,3	15,3	16	12	11,7	Sa. 72,3 = 1,10 p.C. des Kpgw.
Blutung u. Reizung d. Rückenmarkes beginnen gleichzeitig.	42	53	61	70	66,5	63	Druck in Millimetern Hg.
		18	19,3	19,3	17,4	11,6	Sa. 87,6 = 1,30 p.C. des Kpgw.
Die Blutung beginnt 45 Sec. nach beend. Reizung d. Rückenm.	87	63	61	49	44	40	Druck in Millimetern Hg.
		20	18	15,3	14,7	14	Sa. 82 = 1,27 p.C. des Kpgw.
Die Blutung beginnt 130 Sec. nach beend. Reizung d. Rmarkes.	46	40	37	36	34	33	Druck in Millimetern Hg.
		20	15,3	15,3	16,7	10	Sa. 77,3 = 1,18 p.C. des Kpgw.

Hund. Körpergewicht 5770 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	30	35	Secunden.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 10 Sec. nach Anfang der Blutung.	24	18	17	21	29	41			Druck in Millim. Hg.
		13,3	8	6	8	9,3			Sa. 44,6 Ccm.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 15 Sec. nach Anfang der Blutung.	33	30	29	27	32	42	49		Druck in Millim. Hg.
		13,6	11	9,4	9,3	10	10,7		Sa. 64 Ccm.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 15 Sec. nach Anfang der Blutung.	44	37	33	29	30	36	45	53	Druck in Millim. Hg.
		14,6	8,7	11,3	10,7	9,3	8	10	Sa. 72,6 Ccm.

Um den Gang der Blutung deutlich hervortreten zu lassen, sind die Zahlen, welche ihn angeben, fett gedruckt worden. Obwohl sie, wie mir scheint, schon genügend für sich allein sprechen, so empfiehlt es sich doch noch, auch eine der Beobachtungen in der Form wiederzugeben, in welcher sie unmittelbar gewonnen sind. Dieses geschieht durch den nachstehenden Holzschnitt, auf welchem die natürlichen Curven der Carotidendrücke und der Ausflussgeschwindigkeiten der drei ersten Beobachtungen des Hundes von 4860 Gr. Körpergewicht durchgepaust sind.



Zu den mitgetheilten Versuchen füge ich die Bemerkung,

dass in dem Metallrohr, so oft es während des Verlaufs einer Beobachtung herausgenommen, keine Spur eines Gerinnsels vorhanden war; die Versuche sind also in dieser, wie in jeder anderen Beziehung als vollkommen gelungene anzusehen. Es wird kaum der Bemerkung bedürfen, dass mich das Glück nicht immer so begünstigt hat. Nicht wenige Beobachtungen mussten der eingetretenen Gerinnung wegen verworfen werden. In keiner der weniger gelungenen Beobachtungen, deren ausführliche Mittheilung ich unterlasse, ist jedoch ein Fall enthalten, welcher mit den Resultaten der vorgeführten im Widerspruch stände.

Wenn man das Ergebniss, welches die Zahlen liefern, in Worten zusammenfassen will, so muss man die Veränderungen in der ausgeflossenen Blutmenge von denen scheiden, die sich in der Carotidenspannung ausprägen.

Aus der Betrachtung der entleerten Blutmenge ergiebt sich, dass die Geschwindigkeit des Ausflusses ebensowohl von dem Reizungszustande der Nerven, wie auch von der Menge schon vorher abgelaufener Flüssigkeit bedingt ist. Die Bedeutung des letzteren der genannten Factoren tritt rein hervor, wenn der Versuch bei nicht gereiztem Rückenmark angestellt wird. In diesem Falle nimmt die Geschwindigkeit des Ausflusses stetig ab, eine Erscheinung, welche ihre zureichende Erklärung in der abnehmenden Spannung der Venenwurzeln findet, die ihren Inhalt entleeren, ohne dass ihnen ein entsprechender Ersatz von den Capillaren aus zugeführt wird.

Die Wirkung, welche die Tetanisirung des Rückenmarkes ausübt, lässt sich dagegen dahin aussprechen, dass der Reizungszustand der Gefässnerven, welchen sie hervorruft, eine Beschleunigung des Ausflusses bedingt, welche so lange anhält, als die Erregung der Nerven selbst dauert. Vermuthungsweise wäre hiezu die Ergänzung zu fügen, dass die Geschwindigkeit des Ausflusses in irgend welchem Verhältnisse mit der Stärke der Erregung im Zunehmen begriffen sei. — Für den ersten Theil der ausgesprochenen Abhängigkeit treten die Zahlen mit vollkommener Deutlichkeit ein, denn es ergiebt sich aus ihnen, dass der Ausfluss nicht bloss im Beginn der Reizung oder nur so lange zunahm, als die Tetanisirung des Markes andauert, sondern dass dieses auch noch kurze Zeit nach Entfernung des Reizes geschieht und zwar so lange, als die sogenannte Nachwirkung desselben anhält, von deren Bestehen wir namentlich

durch den höhern Druck des Blutes in der Aorta und die allmälig weichende Verengung des Durchmessers kleiner Arterien unterrichtet sind. — Grössere Schwierigkeiten entstehen, wenn man es unternimmt, die Stärke der Erregung mit der vermehrten Geschwindigkeit des Ausflusses zu vergleichen, weil es unthunlich ist, in dem Versuche alle übrigen Bedingungen mit Ausnahme der Intensität der Reizung gleich zu erhalten. Unter diesen Umständen würde nur aus einer grossen Zahl von Beobachtungen bezw. aus ihren Mittelwerthen eine Regel abzuleiten sein. Eine Andeutung dafür, dass die Geschwindigkeit des Ausflusses von der Stärke der Reizung abhängig sei, ergiebt sich aus den mitgetheilten Beobachtungen insofern, als es sich zeigt, dass die erstere im Verhältniss zu der bei ungereiztem Marke einen um so geringeren Zuwachs empfängt, je später das Stadium der Nachwirkung war, in welchem mit dem Ausflusse begonnen wurde. So ergiebt sich beispielsweise, dass in dem Versuche I in 25 Secunden ohne Reizung des Rückenmarkes 54,6 Ccm. ausflossen. Als dagegen die Messung gleichzeitig mit der Reizung des Rückenmarkes begann, strömten in derselben Zeit wie vorher 71,3 Ccm. hervor. Als die Messung 45 Secunden nach beendeter Reizung vorgenommen ward, wurden in derselben Zeit wie vorher 67,6 Ccm. gewonnen, und als die Messung endlich 95 Secunden nach der beendeten Reizung ihren Anfang nahm, wurden in derselben Zeit wie vorher 64 Ccm. aufgefangen. Eine ähnliche Abhängigkeit der ausfliessenden Menge vor der Periode der Nachwirkung stellen auch die Zahlen des zweiten der oben angeführten Versuche auf.

Die vorgelegten Beobachtungen zeigen, dass die Wirkung der Reizung sich nicht bloss auf eine Steigerung der Ausflussgeschwindigkeit aus dem Metallrohre beschränkt: gleichzeitig mit diesem erhöht sich auch der Druck in der arteria carotis. Die Beziehungen, welche zwischen der Ausflussgeschwindigkeit und dem Drucke hervortreten, sind die folgenden: Wenn die Tetanisirung des Markes vorgenommen wird während des Ausflusses aus dem Metallrohr, so steigt der arterielle Druck von dem Augenblicke an, in welchem sich auch ein beschleunigtes Ausfliessen bemerklich macht. Dieses Zusammentreffen wirkt namentlich dann überraschend, wenn die Tetanisirung des Rückenmarkes, wie dieses im dritten der oben aufgeführten Versuche geschah, erst dann ihren Anfang nimmt, nachdem die Blutung schon 10

bis 15 Secunden hindurch im Gange gewesen war. Jedenfalls ist es auffallend, dass sich der arterielle Druck nach einem nicht unbedeutenden Blutverlust und trotz fortdauernder Ablenkung des unteren Hohlvenenblutes vom Herzen noch in einem so merklichen Grade erhöhen kann.

Das Verhältniss zwischen dem Druck in der a. carotis und der Geschwindigkeit des Abfliessens aus dem Metallrohr gestaltet sich dagegen anders, wenn der Ausfluss während der Nachwirkungen des Reizes begann. Unter dieser Voraussetzung verhält sich der Druck ähnlich wie beim Abfliessen während des nicht gereizten Rückenmarkes, d. h. er nimmt in dem Maasse ab, in welchem die Summe des ausgeflossenen Blutes zugenommen hat.

Um das Anwachsen des arteriellen Druckes zu erklären, welches während der bestehenden Tetanisirung des Markes ungeachtet der fortdauernden Blutentleerung zu Stande kommt, wird man annehmen müssen, dass das Blut nicht nur zum Metallrohr, sondern auch in vermehrtem Maasse zum Herzen ströme. Denn dass auch die Füllung des Herzens gewachsen sei, scheint mir desshalb unabweisbar, weil, wie wir auf Seite 671 gesehen haben, ein nicht unbeträchtlicher Theil der Blutmenge, welche aus dem Metallrohr abfliesst, von dem Inhalte der Aorta herrührt. Wenn aber dieses der Fall ist, wenn also während der Reizung die Aorta mehr Blut als sonst in die Capillaren entleert, so kann eine vermehrte Ausdehnung derselben auch nur aus einem reichlicheren Zufluss zu ihr erklärt werden. Um diese Behauptung noch sicherer zu stellen, als es bisher geschehen, führe ich die folgenden Versuche an, in welchen die aorta thoracica vorübergehend unterbunden und der Ausfluss aus der vena cava inferior während der Erregung und der Ruhe des Rückenmarkes beobachtet wurde.

Hund. Körpergewicht 2500 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	Secunden.
Ao-ta unterbunden, Rückenmark gereizt.	80	87	91	93	91	92				Druck in Mm. Hg.
		9,3	3,3	2,7	2,0	2,0				Sa. 19,3 Ccm.
Aorta unterbunden, d. Reizung d. Rückenmarkes beginnt 20 Sec. nach Anfang der Blutung.	57	57	55	55	54	54	53	53	54	Druck in Mm. Hg.
		11,3	3,3	2,0	2,0	1,7	1,7	2	2	Sa. 26 Ccm.
Aorta unterbunden ohne Reizung.	55	53	52	51	51	49				Druck in Mm. Hg.
		8,6	3	1,7	1,3	1,4				Sa. 16 Ccm.
Aorta offen ohne Reizung.	29	27	26	25	25	24				Druck in Mr. Hg.
		11,3	4,7	2,6	2,7	2				Sa. 23,3 Ccm.

Hund. Körpergewicht 6550 Gramm.

	0	5	10	25	20	25	Secunden.
Aorta offen ohne Reizung des Rückenmarkes.	38	36	35	34	34	32	Druck in Millimetern Hg.
		17,3	15,3	16	12	11,7	Sa. 72,3 Ccm.
Aorta unterbunden ohne Reizung d. Rückenmarkes.	38	38	38	37	38	38	Druck in Millimetern Hg.
		17,3	12	12	11,3	8,7	Sa. 63,3 Ccm.
Aorta unterbunden mit Reizung des Rückenmarkes.	32	34	38	38	36	38	Druck in Millimetern Hg.
		18	14	13,3	10,7	10,6	Sa. 66,6 Ccm.

Das Resultat dieser Versuche besteht also darin, dass bei geschlossener Aorta und gleichzeitiger Reizung des Rückenmarkes zwar etwas mehr ausfliesst als bei der einfachen Unterbindung der Aorta, aber bedeutend weniger als zu der Zeit, in welcher die Aorta offen und das Rückenmark nicht gereizt war. Unter Hinzuziehung der früher mitgetheilten Ergebnisse darf sonach geschlossen werden, dass durch die Tetanisirung des Rückenmarkes der Strom in der vena cava während der offenen Aorta um ein bedeutendes mehr beschleunigt werde, als dieses während der Verschliessung der letztern der Fall ist. Wenn sich nun auch in den soeben mitgetheilten Versuchen der Unterschied höher als in später zu erwähnenden herausstellt, so sind sie doch jedenfalls dafür beweisend, dass ein wesentlicher Theil des Anstosses, welcher den Strom in der vena cava beschleunigt, von Seiten des Aortenblutes kommt. Somit ist es auch nicht mehr zu bezweifeln, dass das Anwachsen des arteriellen Druckes, welches während des Aderlasses aus der untern Hohlvene und der gleichzeitigen Tetanisirung des Rückenmarkes beobachtet wurde, davon herrührt, dass auch dem Herzen das Blut reichlicher zuströmte. — Gegenwärtig muss es unentschieden bleiben, ob das Mehr an Blut, welches das Herz empfängt, aus den Wurzeln der v. cava superior oder aus denen der v. cava inferior herrührt, die, wie schon erwähnt, noch durch eine Nebenschliessung mit dem rechten Vorhofe verbunden ist. Käme dasselbe, wenn auch nur zum Theil, aus den Wurzeln der untern Hohlvene, so würde selbstverständlich die wahre Grösse des Stromes in dieser letzteren durch die aus dem Metallrohr gewonnenen Ausflussmengen wesentlich zu niedrig angegeben werden.

Ehe ich die Beschreibung der Versuche verlasse, welche ich mit Blosslegung der v. cava angestellt, muss ich noch der Pul-

sationen dieser Vene gedenken, welche *Heidenhain* während der Reizung des Rückenmarkes zuerst beobachtet hat. Die mit dem Herzschlage synchronischen Anschwellungen der Vene sind auch nach Eröffnung des Brustkastens deutlich sichtbar, jedoch nur so lange, als die Lichtung der Hohlvene mit der des Vorhofs in unmittelbarer Verbindung steht. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man einige Ccm. unterhalb der Herzmündung der Vene eine Ligatur anlegt. Wenn dies geschehen, so pulsirt nur noch der centrale Abschnitt, während der periphere seine rhythmischen Schwellungen aufgiebt. Die Pulsation, welche uns hier beschäftigt, ist also nicht mit derjenigen zu vergleichen, die öfter an den Venen der gereizten Speicheldrüse bemerkt wird; sie ist nichts anderes, als eine rückläufige Pulsation, wie man sie in den grossen, dem Herzen zunächst gelegenen Venenstämmen immer gewahrt, wenn sie und das rechte Herz selbst vom Blute geschwellt sind.

2. Versuchsreihe an der art. carotis.

Wenn man die Resultate, welche an der Vorhofsseite des Herzens gewonnen sind, an einem Orte bestätigen will, der jenseits des Ventrikels gelegen ist, so eignet sich hiezu nur ein grosser Ast der Aorta, durch den man den Inhalt der letztern nahebei zu entleeren vermag. Die Blutung, welche man hier einleitet, gewährt den Vortheil, dass sie bei geschlossener Brusthöhle unter Umständen sogar ohne Anwendung von Giften und an dem leichter zu handhabenden Kaninchen angestellt werden kann. Die der Messung des Blutes vorauszuschickenden Operationen bestehen zunächst in der schon beschriebenen Durchschneidung und Armirung des Rückenmarkes. Ausserdem müssen auch jetzt die beiden vagi durchschnitten werden, um die Zahl der Herzschläge während der Beobachtungszeit möglichst gleich gross zu erhalten. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass auch hier die künstliche Respiration nothwendig wird. Der Apparat, durch welchen das aufgefangene Blut gemessen bezw. in den Kreislauf zurückgebracht wurde, war derselbe, dessen sich schon *Tappeiner* *) bedient hat. Er stand mit einer der beiden Carotiden in Verbindung, indess in die andere ein Hg.-Manometer gesetzt war. Die Reihenfolge, in welche die Blutung mit der

*) Arbeiten des physiologischen Instituts zu Leipzig. 1872.

Reizung combinirt wurde, war die nämliche, wie in den Versuchen an der vena cava inferior.

Zuerst wurde die Blutung verglichen, während das eine Mal das durchschnittene Rückenmark in Ruhe blieb, das andere Mal dagegen in einen Tetanus versetzt wurde. Das Resultat eines solchen Versuches ist in den folgenden Zahlen niedergelegt.

Kaninchen. Curare. Körpergewicht 1180 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	Secunden.
Ohne Reizung d. Rückenmarkes.	29	26	25	24	23	22	Druck in Millimetern Hg.
		2	1	1,3	1,2	0,8	Sa. 6,3 Ccm.
Während der Reizung des Rückenmarkes.	114	97	89	76	67	69	Druck in Millimetern Hg.
		9	8	7,3	6	3,7	Sa. 34 Ccm.

Während der Reizung floss wie man sieht mehr als fünfmal so viel Blut aus, als bei durchschnittenem und ruhendem Halsmarke geliefert worden war. Durch diese Verhältnisszahl ist aber schwerlich die wahre Proportion zwischen dem Strom bei gelähmten und gereizten Gefässnerven ausgedrückt. Während der Reizung ist in den ersten Zeiträumen der Ausfluss dadurch vermehrt worden, dass die schon vorher stark angefüllte Aorta einen Theil ihres Inhaltes entleerte, so dass also hier die ausgeflossene Blutmenge grösser als die vom Herzen zugeflossene ausfiel. In den letzten 15 Secunden des Versuches dagegen, in welchen sich der Druck in der Aorta nur wenig verminderte, ist jedenfalls gegen die Capillaren hin mehr ausgeflossen, als in den entsprechenden Abschnitten des Versuchs, in welchen das Rückenmark unerregt geblieben, da unter diesen letzteren Bedingungen der Druck in der Aorta ein Dritttheil von dem betrug, welcher während der Reizung vorhanden war. Hiezu kommt, dass der Blutverlust, welcher erfahrungsgemäss die Grösse des strömenden Volums herabsetzt, bei der Beobachtung mit gereiztem Rückenmark viel beträchtlicher war. Gleichgültig aber, wie weit auch das Verhältniss der ausgeflossenen Blutmenge von demjenigen des Stromes abweicht, der in den verschiedenen Zuständen wirklich vorhanden war: jedenfalls geht aus dem mitgetheilten Versuche hervor, dass die Tetanisirung der Gefässnerven den Strom, welcher aus dem Herzen hervorgeht, ungemein beschleunigt.

Die zweite Anordnung des Versuches bestand darin, dass die Tetanisirung des Rückenmarkes erst in das Werk gesetzt wurde, nachdem die Blutung schon einige Zeit bestanden hatte.

Beispiele für den Erfolg dieser Combination liefern die beiden folgenden Versuche:

Kaninchen. Curare. Körpergewicht 1400 Gramm.

	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	Secunden.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 7 Sec. nach Anfang d. Blutung.	17	13	12	19	26	34	40	42	43	46	Druck in Mm. Hg.
		2,3	1	2	1,3	2,4	3,6	3,4	3	3	Sa. = 22 Ccm.

Kaninchen. Curare. Körpergewicht 1430 Gramm.

	0	4	8	12	16	20	24	Secunden.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 8 Sec. nach Anfang d. Blutung.	31	28	27	36	63	68	60	Druck in Millimetern Hg.
		2,6	1,7	2,3	4,7	5,3	3,9	Sa. = 21,5 Ccm.

	0	6,5	13	19,5	26	32,5	Secunden.
Die Reizung des Rmarkes beginnt 11 Sec. nach Anfang d. Blutung.	21	13	8,5	15	15	23	Druck in Millimetern Hg.
		4	5	6,6	7,0	8,0	Sa. = 30.6 Ccm.

Die Erscheinungen zeigen eine vollständige Analogie mit denjenigen, welche die Beobachtungen an der Vene bei einem gleichen zeitlichen Verhalten der Blutung und der Reizung ergeben hatten. Kurz nach dem Eintritte der Tetanisirung steigen Druck und Ausfluss gemeinsam.

In der dritten Reihe endlich wurde die Blutung begonnen, nachdem vorher die Aorta unmittelbar unter dem Zwerchfell über das Ligaturstäbchen geschnürt war. Die folgende Beobachtung giebt die Resultate des einzigen Versuches wieder, den ich unter der genannten Bedingung ausgeführt habe.

Kaninchen. Körpergewicht 1770 Gramm.

	0	5	10	15	20	25	30	Secunden.
Aorta unterb. ohne Reizung d. Rückenmarkes.	112	95	72	48	42	32		Druck in Millim. Hg.
		4,6	4,4	4,3	2,0	1,7		Sa. = 17 Ccm.
Aorta unterb. mit Reizung des R.-markes, die Reizung beg. 9 Sec. vor d. Blutung u. dauerte bis zum Schlusse.	129	67	53	44	30	27		Druck in Millim. Hg.
		16,5	3,5	2,0	2,3	1,7		Sa. = 26 Ccm.
Aorta unterb. ohne Reizung d. Rückenmarkes.	99	78	63	51	48	42	41	Druck in Millim. Hg.
		5,3	3,7	2,0	1,6	1,4	1,0	Sa. = 15 Ccm.
Aorta unterb. mit Reizung des R.-markes, die Reizung beg. 3 Sec. vor der Blutung.	99	78	78	57	50	40	48	Druck in Millim. Hg.
		5,6	4,7	4,2	4,5	3,0	2,6	Sa. = 21,6 Ccm.
Aorta unterb., d. Blutung beg. 30 Sec. nach beendigter Reizung d. Rückenmarkes.	101	80	65	46	36	31		Druck in Millim. Hg.
		6,6	5,4	4,5	2,1	1,7		Sa. = 20,3 Ccm.

Die Ergebnisse der beiden Reizungen bieten in mehrfacher Hinsicht Verschiedenheiten dar. In der ersten derselben strömte aus der gespannten Aorta von der 0ten bis zur 5ten Secunde verhältnissmässig sehr viel Blut ab, in den folgenden 20 Secunden aber nicht mehr, als in der entsprechenden Zeit bei unerregtem Marke. Bei der zweiten Reizung dagegen flossen anfänglich in den entsprechenden Zeiten bei ruhendem und gereiztem Marke annähernd gleiche Mengen ab. Von der 15ten bis zur 30sten Secunde aber erlangte der Ausfluss während des gereizten Rückenmarkes ein bedeutendes Uebergewicht über denjenigen während des unerregten Markes, trotzdem dass der Druck in der Aorta beide Mal auf nahezu gleicher Höhe stand.

Es muss dahingestellt bleiben, ob dieser Unterschied auf einem Nachlass der Reizbarkeit oder darauf beruht, dass zwischen dem Beginne der Blutung und der Reizung ein ungleich langer Zeitraum verstrichen ist.

Die Beschleunigung welche die Blutung unter den gegebenen Verhältnissen erlangte, liefert den unmittelbaren Beweis dafür, dass sich während der Reizung des Rückenmarkes der Inhalt gewisser Gefässbezirke, deren Arterien jenseits der Unterbindungsstelle der Aorta entspringen, in bedeutendem Grade vermindert beziehungsweise in das Herz entleert hat. Denn es ist kein anderer Weg denkbar, auf welchem der Ueberschuss an Blut hätte verfügbar werden können, welchen das Herz auswarf, da der Inhalt der Aorta sich unmittelbar und zwar um so ausschliesslicher durch die geöffnete Carotis entleeren musste, als ein grosser Theil ihrer Ausflussmündungen in die Capillaren in Folge der Unterbindung versperrt war.

An die bis dahin mitgetheilten Beobachtungen lassen sich die folgenden Bemerkungen knüpfen. — Hält man die bekannte und unbestreitbare Thatsache, dass sich während der Reizung des Rückenmarkes ein sehr grosser Theil der Aortenausgänge verschliesst, mit der hier dargestellten zusammen, wonach während der Reizung der Durchtritt eines grösseren Blutvolums durch das Herz stattfindet, so scheint es auf den ersten Blick, als ob das gleichzeitige Bestehen dieser beiden Aenderungen innerhalb des Kreislaufs unvereinbar sei. Bei weiterer Ueberlegung gelingt es jedoch, unter Zuhülfenahme der Bedingungen, die in den Kreislaufswerkzeugen verwirklicht sind, einen Ausweg zu finden. — Bei den Beobachtungen an der unteren Hohlvene ergab sich,

dass während der Reizung des Rückenmarkes das Blut rascher aus der Vene ausfloss, während sich zugleich die Füllung in der Aorta — dem steigenden Druck entsprechend — mehrte. Eine gleichzeitige Füllung der Venen- und Arterienstämme ist aber nur möglich, wenn sich andere Gefässbezirke ihres Inhalts entledigt haben. Dafür, dass dieses geschieht, spricht nun auch die bekannte Erfahrung, dass während der Tetanisirung des Rückenmarkes gewisse Bezirke, namentlich die Haut (Ohren), die Nieren, die Unterleibseingeweide erblassen, was nur dann eintreten kann, wenn nicht bloss ihre Arterien, sondern auch die Capillaren und theilweise die Venen ihr Blut hergegeben haben. Damit dieses Blutvolum, welches sich bisher auf einen grösseren Gefässbezirk vertheilte, in einem kleineren Platz finde, muss demselben ein höherer Druck ertheilt werden, durch welchen es die Elasticität der Gefässwandungen überwinden kann. Innerhalb gewisser Grenzen ist hierzu das Herz nun stets geeignet. Denn dieses ist als ein Werkzeug anzusehen, das zwar immer bereit ist, ein bestimmtes Maass von Arbeit zu liefern, das aber keineswegs an und für sich bestimmen kann, wie viel von seinen disponiblen Kräften im Kreislauf wirklich zum Vorschein kommt. Das letztere, die im Blutstrom vorhandene Arbeitskraft, hängt nämlich auch davon ab, wie weit das Herz vor dem Beginn seiner Zusammenziehung mit Blut gefüllt wurde und welchen Druck es in der Arterie bei seiner Entleerung zu überwinden hat. Desshalb wird es also dem Herzen möglich, grössere Blutmengen aus den Venen in die Arterien überzuführen, wenn ihm dieselben, wie es bei der Rückenmarkreizung geschieht, zugebracht werden. Hat das Herz durch den höheren Druck, welchen es entwickelt, die Aorta gefüllt, so dass ihr Inhalt selbst unter eine höhere Spannung geräth, so werden auch die Arterien niederer Ordnung, deren Ringmuskeln vom gereizten Rückenmark aus keine Anregung zur Zusammenziehung empfangen haben, weiter ausgedehnt werden, als sie es vorher waren. Da ausserdem der Inhalt der grossen Venen immer unter einem geringen Druck bleibt, weil ihre Wand sehr nachgiebig ist, so wird aus den nicht contrahirten Arterien das Blut viel rascher als vorher abfliessen, weil einerseits ihr Querschnitt zugenommen und weil gleichzeitig der Druckunterschied zwischen der Aorta und den Venen gewachsen ist. Unter diesen Bedingungen kann es sich nun leicht ereignen, dass die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit aus der

Aorta abströmt, weit grösser als früher ist, bevor sich ein Theil der Ausflusswege verengt und ein anderer Theil derselben erweitert hat. Denn wenn eine Flüssigkeitsmasse durch eine kleinere Zahl von weiteren Röhren fliesst, so wird ihre Reibung geringer sein, als wenn sie gezwungen ist, durch eine grössere Zahl von engeren hindurchzugehen, wobei vorausgesetzt wird, dass die Summe der Querschnitte aller Röhren weiteren Kalibers ebenso gross oder grösser ist, als die Summe der Querschnitte aller engeren Röhren. Dieses ergiebt sich als eine nothwendige Folge bekannter hydraulischer Formeln.

Der Zustand, in welchem sich der Blutstrom während der Reizung des Rückenmarkes befindet, lässt sich somit kurz dahin zusammenfassen, dass ein Theil der Röhren sich verschliesst und blutleer gemacht wird, während ein anderer Theil derselben wegsam bleibt und das Blut aufnimmt, welches jene ersteren abgegeben. Dieser Zuwachs an Flüssigkeit kann in den wegsamen Röhren den nöthigen Platz finden, weil das Herz den entsprechenden Druckzuwachs liefert, so dass nun der Strom in wenigeren aber weiteren Röhren mit einem grösseren Druckunterschied fliesst als vorher in den zahlreicheren aber engeren.

Die vorgetragene Hypothese stellt ausserdem zwei Forderungen auf, die nämlich, dass durch die Nervenreizung in den Wandungen der wegsam gebliebenen Arterien keine Erschlaffung und in den Häuten der grossen Venenstämme keine Erhöhung des Tonus eintrete. Geschähe das erstere, so würde das restirende arterielle Strombett sich erweitern, ohne hierzu eines höheren Druckes zu bedürfen und es würde demnach der Antrieb zu grösserer Geschwindigkeit aus den Arterien in die Capillaren wegfallen. Daraus, dass in der That der Druck in der Aorta so bedeutend ansteigt, kann wohl auch auf die Abwesenheit einer grösseren Zahl von erweiternden Gefässnerven bezw. darauf geschlossen werden, dass bei der Reizung des Rückenmarkes die verengenden Vasomotoren das Uebergewicht über die etwa vorhandenen erweiternden erhalten.

In ähnlicher Weise, wie eine Erschlaffung in der Wand der Arterien würde eine vermehrte Widerstandsfähigkeit in der Wand der Venen dem Strome hinderlich sein. Denn um die Flüssigkeitsmenge zu ersetzen, welche durch den Verschluss einer Anzahl von Bahnen wegfällt, muss das Strombett auf seiner ganzen Länge erweitert und der Unterschied der Drücke, die am Anfang

der Aorta und am Ende der Hohlvenen vorhanden sind, möglichst gross werden. Diesen beiden Forderungen geschähe Eintrag, wenn die Wand der Venenstämme sich der Ausdehnung in höherem Maasse als sonst widersetzte. Die Vergrösserung des Widerstandes in den Venenstämmen wäre auch noch darum bedenklich, weil er zu einer bedeutenden Ausweitung der Venenwurzeln und der Capillaren führte, wodurch ein Antheil des Blutes in Anspruch genommen würde, der ohne dieses der Verbreiterung des Strombettes in den wegsamen Bahnen zu Gute kommt. Bei keinem meiner Versuche habe ich denn auch irgend eine Andeutung von einer Wirkung des erregten Rückenmarkes gesehen, welche auf eine vermehrte Contraction der Venenwandungen hingewiesen hätte. In allen Fällen wuchs nach der Reizung der Durchmesser der Vene rasch an und es zeigte sich, so oft eine entsprechende Messung vorgenommen wurde, auch ein Anwachsen des Blutdruckes in der vena cava inferior. Aber dieser Zuwachs war doch so gering, dass er in der Messung nur dann deutlich hervortrat, wenn bei ihr ein Wassermanometer in Anwendung gebracht wurde. Ich führe beispielsweise das Resultat einiger dieser Beobachtungen an. Bei einem Hund, der auf die früher beschriebene Weise vorbereitet war, wurde das freie Ende des an der vena cava inferior befindlichen Metallrohrs mit dem Wassermanometer, die Carotis dagegen mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt. Als die Schlinge, welche die Hohlvene auf das Metallrohr festzubinden bestimmt ist, nicht zugezogen war, stieg während der Rückenmarksreizung der Druck im Wassermanometer um 3 Millim. Hg. (40 Millim. Wasser), zugleich aber erhob sich der arterielle Druck von 25 auf 139 Millim. Hg., also um 114 Millim. Hg. Bei einer folgenden Reizung stieg der Druck in der vena cava inferior um 1,5 Millim. Hg. (20 Millim. Wasser), in der Carotis erhob sich dagegen der Druck von 22 auf 122 Millim. Hg., also um 100 Millim. Hg. — Etwas anders verhält sich die Druckänderung, wenn die vena cava auf die Metallröhre festgebunden ist. Mit diesem Acte sinkt der Druck in der Arterie (um 17 Millim. Hg.) und es steigt derselbe in der Vene bis zu 3 Millim. Hg. (36 Millim. Wasser). Als nun die Rückenmarksreizung hinzutrat, erhob sich der Druck in der Hohlvene um 11 Millim. Hg. (140 Millim. Wasser). Ganz ähnliche Resultate erhielt ich vom Kaninchen. Auch hier schwankte der Druckzuwachs, welchen das Venenblut während der Tetani-

sirung des Rückenmarkes gewann, zwischen einem halben bis 3 Millim. Hg. Diese Werthe sind aber offenbar grösser als die normalen, weil sie ja unter Umständen gewonnen sind, unter welchen durch das eingesetzte Metallrohr eine ganz bedeutende Veranlassung zur Stauung gegeben ist. Demnach glaube ich, dass auch diese Druckbestimmungen für die Abwesenheit eines vermehrten Tonus in den Venenwänden sprechen.

In Folge der Anschauungen, die ich über den Blutstrom bei gereiztem Rückenmark entwickelt habe, müsste man erwarten, dass nach der Unterbindung solcher Arterien, welche nach unserer gegenwärtigen Voraussetzung während der Tetanisirung des Rückenmarkes verschlossen werden, der Druck in der arteria carotis erhöht und die Geschwindigkeit des Stromes in der untern Hohlvene beschleunigt würde. Ein Versuch, welcher geeignet ist, die erste der genannten Bedingungen zu erfüllen, lässt sich nicht unschwer ausführen, da, wie bekannt, vorzugsweise die Unterleibsarterien von der Reizung des Rückenmarks beeinflusst werden. Es genügt desshalb, die drei Darmarterien zu umschlingen und die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut aus der vena cava inferior hervorströmt, zu messen, entweder wenn die Unterleibsarterien offen oder wenn sie geschlossen sind. Diesen Versuch auszuführen war ich umsomehr geneigt, als er ein eigenthümliches Gegenstück zu den Erscheinungen liefern musste, welche die Unterbindung der Pfortader hervorruft. Der Versuch selbst wird dadurch vorbereitet, dass zuerst die arteria mesenterica inferior fest verschlossen wird und dass darauf je eine seidene Schnur um die arteria coeliaca und die arteria mesenterica superior gezogen wird; beide sind mit Ligaturstäbchen versehen. Die Aufsuchung dieser Arterien geschieht am besten ausserhalb des Bauchfelles durch einen Schnitt, der neben dem langen Rückgratstrecker zur Aorta führt. Alle Gefässe, welche bei der Blosslegung der Aorta bluten, müssen auf das sorgfältigste unterbunden werden, damit die Wunde vollkommen klar und rein bleibt. Zu diesem Ende empfiehlt es sich auch, die Lumbalvene, welche einen grossen Theil des Blutes aus dem m. sacro-lumbaris sammelt und über die Nebenniere zur Hohlvene führt, vor der Durchschneidung zu unterbinden, weil sie sonst sehr reichlich blutet und die Gegend beschmutzt,

in welcher die vena mesenterica superior liegt. Das Gleiche gilt von der entsprechenden Lumbalarterie. Die Schonung des Bauchfells jst nicht allein desshalb erforderlich, weil hierdurch der Vorfall des Dünndarms im Interesse der Klarheit des Operationsfeldes verhütet wird, sondern auch noch darum, weil man nur hierdurch Veränderungen in der Wand des Darmes vermeiden kann, die den normalen Blutstrom durch dieselbe beeinträchtigen. Mit der Umschlingung der genannten Unterleibsarterien habe ich beim Kaninchen auch noch diejenige der vena portarum combinirt, wobei ich mich genau an die Vorschriften hielt, die in der Abhandlung von *Tappeiner* gegeben sind.

Zunächst stellte ich mir die Frage, wie sich einerseits nach Unterbindung der Unterleibsarterien, und wie sich andrerseits nach Unterbindung der vena portarum der Druck in der Carotis gestalten möchte. Die Antwort hierauf erhielt ich durch den folgenden Versuch.

Kaninchen. Körpergewicht 1740 Gramm.
n. vagi durchschnitten.

	Druck in der a. carotis in Mm. Hg.
Nach Ausführung der vorbereitenden Operationen	73
150 Secunden nach Unterbindung der v. portarum	47
30 Secunden nach Wiedereröffnung der v. portarum	72
Nach Unterbindung der arteria coeliaca	72
Nach darauffolgender Unterbindung der a. mesenterica sup.	83
Mehrere Minuten nach dieser Unterbindung	83
Nach Hinzutritt der Unterbindung der v. portarum	85
Mehrere Minuten nachher	85
a. coeliaca und a. mesenterica geöffnet	44
v. portarum geöffnet	53
a. coeliaca und a. mesenterica geschlossen	77
v. portarum geschlossen	77

In diesem Versuche, welcher mit ganz ähnlichem Erfolge öfter wiederholt worden ist, sprechen sich verschiedene Eigenthümlichkeiten des Stromlaufes aus. Zuerst zeigt sich, dass die Zuflusswege zu den Gefässen der Verdauungswerkzeuge sehr ausgiebig unterbunden sein müssen, wenn hierdurch ein Ansteigen des Druckes erzeugt werden soll. Und auch dann, wenn die Arterien der Verdauungswerkzeuge sämmtlich unterbunden sind, ist der Zuwachs des arteriellen Druckes beim Kaninchen kein bedeutender. Unmittelbar nach dem Verschluss der Arterien erhebt sich allerdings der Druck öfter um 20 bis

24 Mm. Hg. höher, als er vor der Unterbindung gewesen. Aber von diesem Stand sinkt er alsbald ab, bis er um 5 bis 12 Mm. höher als vor der Unterbindung steht. Erst bei diesem Werthe des Zuwachses hält er sich constant, so dass während eines Zeitraums von mindestens 10 Minuten keine Veränderung desselben sichtbar wird.

Der mitgetheilte Versuch lehrt ferner, dass die Unterbindung unserer Strombahn zu wesentlich verschiedenen Erfolgen führte, je nach dem Orte, an dem sie angebracht wurde. Geschah die Verschliessung an den Arterien, so trat ein Steigen, geschah sie an der v. portarum, so trat ein Sinken des arteriellen Druckes ein. Dieser Unterschied lässt sich nur auf hydraulische Ursachen zurückführen, denn die Unterbindung der v. portarum bleibt wirkungslos, wenn sie erst nach vorhergegangenem Verschluss der Darmarterien angelegt wird. Warum aber die Verschliessung des Darmkreislaufes an seinem Anfang anders wirkt als an der v. portarum, weiss ich nicht anzugeben, vorausgesetzt dass, wie *Tappeiner* behauptet, die in den Gefässen des Darmes angehäufte Blutmenge das Absinken des arteriellen Druckes nicht zu erklären vermag, welches die Unterbindung der Pfortader hervorbringt.

Während die Unterbindungen der Darmarterien und der Pfortader in ihren Wirkungen rücksichtlich des Aortendruckes nach entgegengesetzten Richtungen hin auseinandergehen, treffen sie bezüglich der Geschwindigkeit überein, die sie in der zum Herzen geführten Blutmenge veranlassen. *Tappeiner* hat bewiesen, dass durch die Unterbindung der vena portarum die Blutmenge, welche das Herz empfängt, vermindert wird. Dasselbe geschieht, wenn die Darmarterien verschlossen werden. Dieses zeigt der nachstehende Versuch an der vena cava inferior.

Hund. Körpergewicht 7620 Gramm.

	0	5	10	15	20	Secunden.
Darmarterien offen	86	76	59	55	53	Druck in Millim. Hg.
		24,6	21,4	19,3	17,3	Sa. = 82,6 Ccm.
Darmarterien geschlossen	106	104	108	106	97	Druck in Millim. Hg.
		22	18	15	13	Sa. = 68,6 Ccm.
Darmarterien offen	55	48	43	40	38	Druck in Millim. Hg.
		24	18,6	18	16	Sa. = 76,6 Ccm.
Darmarterien geschlossen	131	124	120	118	103	Druck in Millim. Hg.
		21,3	16	15,3	13,4	Sa. = 66 Ccm.
Darmarterien offen	49	47	41	38	37	Druck in Millim. Hg.
		24	18,6	16,7	14	Sa. = 73,3 Ccm.

Aus der geöffneten v. cava floss also jedesmal ein geringeres Volumen Blut hervor, wenn die Darmarterien geschlossen waren. Dieser Versuch beweist für die Verminderung der zum Herzen geführten Blutmenge um so deutlicher, als der Zustand, in welchem sich die Darmgefässe während desselben befanden, ein wesentlich verschiedenartiger war. Dieses letztere geht aus dem ungleichen Stande hervor, welchen der arterielle Druck in den verschiedenen Zeitabschnitten des Versuches darbot. Vor dem Beginn der ersten Blutung bei offenen Darmarterien stand der arterielle Druck auf 86 Mm., vor dem Beginn der zweiten war er auf 55, und vor dem Beginn der dritten sogar auf 49 Mm. gesunken. Dem entsprechend hatten auch die in gleichen Zeiten aus der Hohlvene abfliessenden Blutvolumina abgenommen, ein Verhalten, welches den Vorstellungen entspricht, die man gegenwärtig über die Abhängigkeit zwischen Druck und Geschwindigkeit besitzt. Die nach den wiederholten Unterbindungen der Darmarterien eintretende Verminderung des arteriellen Druckes ist wahrscheinlich auf eine Lähmung der Darmgefässe zurückzuführen. In den zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungen bei unterbundenen Darmarterien verhielt sich der arterielle Druck gerade umgekehrt, indem er nach dem ersten Verschlusse bedeutend weniger anstieg, als nach dem zweiten. Trotzdem floss während der Dauer der ersten Verschliessung nur ein Merkliches mehr an Blut aus der Hohlvene hervor, als während der zweiten. Auch selbst wenn man das Maximum des Ausflusses während der Unterbindungszeit mit dem Minimum desselben bei offenstehenden Darmarterien vergleicht, ergiebt sich immer noch ein Uebergewicht des Stromes in der untern Hohlvene für die Zeit, in welcher die Arterien offen waren.

Die Unterbindung der Darmarterien war in der Absicht unternommen worden, um die Hypothese zu prüfen, welche den vermehrten Strom in der vena cava während der Tetanisirung des Rückenmarkes erklären sollte. Wäre durch die Ligatur solcher Arterien, die auch durch die Tetanisirung des Rückenmarkes verschlossen werden, der Druck in den Arterien und die Geschwindigkeit in der vena cava erhöht worden, so wäre dieses als eine willkommene Bestätigung unserer Vorstellungen anzusehen gewesen. Diese Uebereinstimmung trat jedoch nicht ein, und es fragt sich nun, ob hierdurch unsere Hypothese unhaltbar geworden. Für die weitere Aufhellung dieser Frage war es nun

zunächst geboten, die Geschwindigkeit des Blutstromes während der Reizung der nervi splanchnici zu ermitteln. Von den hierzu nothwendigen Versuchen habe ich einen an der a. carotis des Kaninchens und einen zweiten an der vena cava inferior des Hundes angestellt. Beidemal war der linke nervus splanchnicus durchschnitten, und mit sorgfältig isolirten Electroden versehen.

Kaninchen. Körpergewicht 1500 Gramm.
Curarevergiftung. Das Blut wurde aus der a. carotis aufgefangen.

	0	5	10	15	20	25	30	Secunden.
Linker n. splanchnicus durchschnitt.	103	80	65	51	48	48	48	Druck in Millim. Hg.
		7,3	4,0	3,3	2,4	1,0	0,6	Sa. = 18,6 Ccm.
Linker n. splanchnicus tetanisirt.	125	133	84	70	67	65	60	Druck in Millim. Hg.
		4,6	7,4	5,3	2,7	2,6	1,4	Sa. = 24 Ccm.

Hund. Körpergewicht 7100 Gramm.
N. vagi und linker n. splanchnicus durchschnitten. Das Blut aus der in die untere Hohlvene eingebundenen Metallröhre aufgefangen.

	0	4	8	12	16	Secunden.
Linker n. splanchnicus durchschnitten, ruhend.	38	30	29	29	32	Druck in Millim. Hg.
		22	16,6	16	15,4	Sa. = 70 Ccm.
Linker n. splanchnicus tetanisirt.	38	40	41	38	34	Druck in Millim. Hg.
		26	19,3	18,7	16,6	Sa. = 80,6 Ccm.
Linker n. splanchnicus ruhend.	38	33	29	27	16	Druck in Millim. Hg.
		22	18	16	16	Sa. = 72 Ccm.
Linker n. splanchnicus ruhend.	48	46	43	42	42	Druck in Millim. Hg.
		26	19,3	18	17,3	Sa. = 80,6 Ccm.
Linker n. splanchnicus tetanisirt.	53	61	62	57	59	Druck in Millim. Hg.
		26	20,6	18,7	18	Sa. = 83,3 Ccm.
Linker n. splanchnicus ruhend.	51	46	42	42	44	Druck in Millim. Hg.
		22,6	20	16	16,7	Sa. = 75,3 Ccm.

Demnach liegt der Unterschied des Erfolges beider Eingriffe in die Stromwege des Unterleibs auf der Hand. Die Reizung des n. splanchnicus beschleunigt den Zufluss zum Herzen, während ihn die Unterbindung der Unterleibsarterien unter das gewöhnliche Maass herabdrückt. Da beide Male ein höherer Druck in der Aorta vorhanden war, so kann dieser an und für sich auch nicht die Ursache der nach entgegengesetzter Richtung hin abgeänderten Geschwindigkeiten gewesen sein. Worin liegt nun aber dieselbe? Im Sinne der von mir vertretenen Hypothese würde sie nur darin zu finden sein, dass die Gefässbezirke, deren Ner-

ven gereizt werden, ihr Blut austreiben, während sie, wenn nur ihre Arterien unterbunden waren, damit gefüllt bleiben. Bekanntlich ist dieser Gegensatz der Füllung bis zu einem gewissen Grade wenigstens deutlich ausgesprochen, aber immerhin unterliegt es dem Zweifel, ob derselbe in der That ausreicht, um den Unterschied der Füllungen in den wegsamen Stromröhren zu erklären. Denn es ist zu beachten, dass nach der Unterbindung der Darmarterien die Geschwindigkeit unter ihren Normalwerth herabsinkt, woraus unter Festhaltung unserer Vorstellungen folgen würde, dass die Gefässe der Baucheingeweide mit einer grössern Blutmasse als vorher gefüllt gewesen wären. Dieses ist von vornherein nicht recht wahrscheinlich. — Somit lassen meine Bemühungen, die Wirkung der Nervenreizung im Gegensatz zu derjenigen der Unterbindung aufzuhellen, noch eine Lücke, die durch zukünftige Versuche auszufüllen ist.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.




3 2044 092 879 881